



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

### **CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

#### **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES MÉTODOS DE SECADO SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES DE LA UVILLA *Physalis peruviana* L.”**

**Tesis previa a la obtención del título de ingeniero agroindustrial**

**Autor: Omar Napoleon Cabascango Molina**

**Director: MSc. Juan Carlos de La Vega Quintero**

**Ibarra - Ecuador**

**2019**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**  
**UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13**  
**Ibarra-Ecuador**

---

**SECRETARIO JURÍDICO**

Ibarra, 17 de mayo de 2019

Doctor  
Bolívar Batallas B.  
**DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

Señor Decano:

En atención al Oficio 239-HCD del 17 de marzo del 2017 del Trabajo de Titulación: **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES MÉTODOS DE SECADO SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES DE LA UVILLA *Physalis peruviana* L.** De autoría de CABASCANGO MOLINA OMAR NAPOLEÓN tesista de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, CERTIFICAMOS, que el autor ha procedido a incorporar en su Trabajo de Titulación las observaciones y sugerencias realizadas por el Tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

**FIRMA**

Ing. Juan Carlos De la Vega, M.Sc.  
**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

Lic. Nicolás Pinto, MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Bioq. Valeria Olmedo  
**MIEMBRO TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ing. Marco Lara, MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**Misión Institucional:**

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

---

#### DATOS DE CONTACTO

---

<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	172449055-0
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Cabascango Molina Omar Napoleon
<b>DIRECCIÓN:</b>	Tabacundo - Calle Simón Bolívar #12
<b>EMAIL:</b>	Cabascangomar_12@hotmail.com
<b>TELÉFONO MOVIL:</b>	0979238743

---

#### DATOS DE LA OBRA

---

<b>TÍTULO:</b>	"Evaluación del efecto de tres métodos de secado sobre la actividad antioxidante y fenoles totales de la uvilla <i>Physalis peruviana</i> L."	
<b>AUTOR:</b>	Cabascango Molina Omar Napoleon	
<b>FECHA:</b>	17 de mayo del 2019	
<b>PROGRAMA:</b>	X PREGRADO	POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Agroindustrial	
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Juan Carlos De la Vega MSc	

---

## **2. CONSTANCIAS**

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de mayo del 2019

### **EL AUTOR:**

(Firma).....

**Nombre:** Cabascango Molina Omar Napoleon



## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Omar Napoleon Cabascango Molina**, con cédula de identidad Nro. **172449055-0** manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES MÉTODOS DE SECADO SOBRE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES DE LA UVILLA *Physalis peruviana* L.**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **Ingeniero Agroindustrial** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 17 días del mes de mayo del 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Omar Napoleon Cabascango Molina', is written over a horizontal line.

Cabascango Molina Omar Napoleon

C.I.: 172449055-0

## DECLARACIÓN

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 17 días del mes de mayo del 2019



---

Cabascango Molina Omar Napoleon

C.I.: 172449055-0

### **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Omar Napoleon Cabascango Molina, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Carlos De la Vega', is written over a horizontal line.

Ing. Juan Carlos De la Vega MSc  
DIRECTOR DE TESIS

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por ser mi fuente de fortaleza e inspiración para superar momentos difíciles.

A mi madre Eva Molina, por ser el pilar fundamental para el cumplimiento de mis metas, a mis hermanos Cristian y Angela por sus enseñanzas y apoyo en todo momento.

Al Ing. Juan Carlos De la Vega por su colaboración, tiempo y paciencia constante. De igual manera al Ing. Nicolás Pinto, Ing. Marco Lara y Bioq. Valeria Olmedo por su guía y asesoramiento para el cumplimiento de esta investigación.

**Omar Cabascango**



## **DEDICATORIA**

A mis familiares quienes me enseñaron a no claudicar en momentos  
difíciles y que todo es posible con esfuerzo.

A mis amigos quienes han estado junto a mi brindándome su apoyo  
durante la etapa universitaria.

**Omar Cabascango**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	1
1.3 OBJETIVOS .....	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4 HIPÓTESIS.....	3
1.4.1 HIPÓTESIS NULA .....	3
1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA .....	3
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1 UVILLA.....	4
2.1.1 GENERALIDADES .....	4
2.1.2 TAXONOMÍA.....	5
2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA PLANTA.....	5
2.2.1 VARIEDADES .....	6
2.2.2 CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DEL CULTIVO .....	6
2.2.3 ESTADO DE MADUREZ.....	6

2.2.4	POSTCOSECHA Y AGROINDUSTRIA DE LA UVILLA.....	7
2.3	CARACTERÍSTICAS DE LA UVILLA .....	8
2.3.1	COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA.....	8
2.3.2	PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DE LA UVILLA .....	8
2.3.3	PROPIEDADES DE LA UVILLA.....	9
2.4	ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE .....	9
2.4.1	MÉTODO DPPH .....	10
2.5	COMPUESTOS FENÓLICOS .....	10
2.5.1	MÉTODO FOLIN-CIOCALTEU.....	11
2.6	SECADO.....	11
2.7	OBJETIVOS DEL SECADO .....	12
2.8	TIPOS DE SECADORES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA.....	12
2.8.1	SECADORES DE BANDEJA O DE ARMARIO .....	14
2.8.2	SECADORES DE HORNO O ESTUFA.....	14
2.8.3	SECADORES SOLARES .....	15
2.9	PROCESO DE SECADO .....	16
2.9.1	ACTIVIDAD DE AGUA .....	16
2.9.2	CONTENIDO DE HUMEDAD .....	17
2.9.3	FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL SECADO .....	18
2.9.4	CURVAS DE VELOCIDAD DE SECADO .....	20
2.10	CARTA PSICROMÉTRICA .....	21
2.11	BALANCE DE MATERIA .....	22
2.11.1	CANTIDAD DE AGUA A RETIRAR DEL PRODUCTO .....	24
2.12	BALANCE DE ENERGÍA.....	25

2.13	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN .....	26
2.13.1	FACTORES QUE COMPONEN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN	
	26	
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>28</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>	
3.1	UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	28
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS .....	30
3.2.1	EQUIPOS.....	30
3.2.2	MATERIALES .....	31
3.2.3	REACTIVOS .....	31
3.3	MÉTODOS .....	32
3.3.1	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA UVILLA .....	32
3.4	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
3.4.1	FACTORES EN ESTUDIO.....	33
3.4.2	TRATAMIENTOS .....	33
3.4.3	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	34
3.4.4	CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO .....	34
3.4.5	UNIDAD EXPERIMENTAL .....	34
3.4.6	ANÁLISIS DE VARIANZA .....	35
3.4.7	ANÁLISIS FUNCIONAL .....	35
3.4.8	VARIABLE DE RESPUESTA EVALUADAS .....	35
3.4.9	ESTADO DE MADUREZ.....	36
3.4.10	DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, FENOLES TOTALES EN LA UVILLA DESHIDRATADA.....	37

3.5	MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....	37
3.5.1	DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL SECADO DE UVILLA. ....	37
3.6	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN .....	39
3.6.1	RECEPCIÓN Y PESADO .....	39
3.6.2	SELECCIÓN Y PELADO .....	39
3.6.3	LAVADO Y DRENADO .....	39
3.6.4	SECADO .....	40
3.6.5	ENFRIAMIENTO .....	40
3.6.6	EMPAQUE .....	41
3.6.7	ALMACENADO .....	41
3.7	DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS.....	41
3.7.1	DETERMINACIÓN DE PH.....	41
3.7.2	DETERMINACIÓN DE ACIDEZ .....	41
3.7.3	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (° BRIX).....	42
3.7.4	DETERMINACIÓN DE HUMEDAD .....	42
3.7.5	DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTES .....	42
3.7.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	44
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>45</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>		<b>45</b>
4.1	DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE .....	45
4.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO DE LA UVILLA FRESCA .....	45
4.3	CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES EVALUADAS .....	48

4.4	FENOLES TOTALES EN UVILLA DESHIDRATADA.....	48
4.5	ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN UVILLA DESHIDRATADA.....	51
4.6	HUMEDAD EN UVILLA DESHIDRATADA.....	53
4.7	ACIDEZ EN UVILLA DESHIDRATADA .....	55
4.8	SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) EN UVILLA DESHIDRATADA .....	57
4.9	PH EN UVILLA DESHIDRATADA .....	60
4.10	DESHIDRATACIÓN DE LA UVILLA.....	62
4.11	DESHIDRATACIÓN EN SECADOR DE ESTUFA (UVILLA MADUREZ 3 Y 5).....	62
4.12	DESHIDRATACIÓN EN SECADOR DE BANDEJAS A 60°C (UVILLA MADUREZ 3 Y 5) .....	65
4.13	DESHIDRATACIÓN EN SECADOR SOLAR (UVILLA MADUREZ 3 Y 5) .....	67
4.14	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UVILLA DESHIDRATADA. ....	69
4.14.2	COMPARACIÓN DE COSTOS .....	69
4.15	BALANCE DE MATERIA .....	71
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>72</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>72</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	72
5.2	RECOMENDACIONES.....	73
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>74</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>90</b>
7.1	ANEXO 1: ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	90
7.2	ANEXO 2: RESULTADOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN (TUKEY Y DMS).....	91

7.3	ANEXO 3: COSTOS FIJOS Y VARIABLES.....	97
7.4	ANEXO 4: NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4580 .....	100
7.5	ANEXO 5: RESULTADOS ANALISIS FISICOQUÍMICOS .....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Physalis peruviana</i> L.....	5
Tabla 2. Reportes de la composición fisicoquímica de la uvilla.....	8
Tabla 3. Capacidad antioxidante de la uvilla .....	9
Tabla 4. Ubicación geográfica del experimento con el secador de bandejas.....	29
Tabla 5. Localización geográfica del experimento .....	29
Tabla 6. Ubicación geográfica del experimento con el secador solar.....	30
Tabla 7. Análisis fisicoquímicos, fenoles totales y actividad antioxidante .....	32
Tabla 8. Factores en estudio.....	33
Tabla 9. Descripción de las combinaciones entre factores de estudio .....	34
Tabla 10. Análisis de varianza .....	35
Tabla 11. Variables determinadas en la uvilla. ....	35
Tabla 12. Contenido mínimo de sólidos solubles expresado como grados Brix (°Brix), de acuerdo con la tabla de color. ....	36
Tabla 13. Variables evaluadas en el producto final .....	37
Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos de la uvilla fresca.....	46
Tabla 15. Análisis de varianza. Fenoles totales de la uvilla deshidratada .....	49
Tabla 16. Análisis de varianza. Antioxidantes en uvilla deshidratada.....	52
Tabla 17. Análisis de varianza. Humedad de la uvilla deshidratada.....	55
Tabla 18. Análisis de varianza. Acidez de la uvilla deshidratada.....	57
Tabla 19. Análisis de varianza. Sólidos solubles de la uvilla deshidratada .....	59
Tabla 20. Análisis de varianza. pH de la uvilla deshidratada .....	61
Tabla 21. Fenoles totales de la uvilla deshidratada.....	91
Tabla 22. Prueba de Tukey para fenoles totales de la uvilla deshidratada.....	91
Tabla 23. Diferencia Mínima Significativa de fenoles totales en uvilla deshidratada. Factor A.....	91
Tabla 24. Diferencia Mínima Significativa de fenoles totales en uvilla deshidratada. Factor B .....	92
Tabla 25. Actividad antioxidante en uvilla deshidratada.....	92
Tabla 26. Tukey para actividad antioxidante en uvilla deshidratada .....	92



Tabla 27. Diferencia Mínima Significativa de la actividad antioxidante en uvilla deshidratada. Factor A .....	92
Tabla 28. Diferencia Mínima Significativa de la actividad antioxidante en uvilla deshidratada. Factor B .....	93
Tabla 29. Humedad de la uvilla deshidratada .....	93
Tabla 30. Tukey para humedad en uvilla deshidratada.....	93
Tabla 31. Diferencia Mínima Significativa de la humedad en uvilla deshidratada. Factor A .....	93
Tabla 32. Acidez en la uvilla deshidratada .....	94
Tabla 33. Tukey para acidez de la uvilla deshidratada .....	94
Tabla 34. Diferencia Mínima Significativa de acidez en la uvilla deshidratada. Factor A .....	94
Tabla 35. Diferencia Mínima Significativa de la acidez en la uvilla deshidratada. Factor B .....	94
Tabla 36. Sólidos solubles de la uvilla deshidratada.....	95
Tabla 37. Tukey para sólidos solubles de la uvilla deshidratada .....	95
Tabla 38. Diferencia Media Significativa de sólidos solubles de la uvilla deshidratada. Factor A .....	95
Tabla 39. Diferencia Media Significativa de sólidos solubles de la uvilla deshidratada. Factor B .....	95
Tabla 40. pH de la uvilla deshidratada.....	96
Tabla 41. Tukey para pH de la uvilla deshidratada.....	96
Tabla 42. Diferencia Media Significativa del pH en la uvilla deshidratada. Factor A .....	96
Tabla 43. Diferencia Media Significativa del pH en la uvilla deshidratada. Factor B .....	96
Tabla 44. Costo de producción de uvilla deshidratada en el secador de bandejas.	97
Tabla 45. Costo de producción de uvilla deshidratada en el secador de estufa. ...	98
Tabla 46. Costo de producción de uvilla deshidratada en el secador solar.....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismo de reacción del radical oxidante DPPH.....	10
Figura 2. Clasificación de los secadores conforme al modo de transferencia de calor .....	13
Figura 3. Esquema de un secador de bandejas .....	14
Figura 4. Esquema de un secador de horno o estufa .....	15
Figura 5. Esquema de un secador solar .....	16
Figura 6. Periodos de velocidad de secado .....	21
Figura 7. Diagrama psicrométrico o carta psicrométrica .....	22
Figura 8. Balance de materia de un secador .....	23
Figura 9. Balance de energía de un secador .....	25
Figura 10. Tabla de color de la uvilla .....	36
Figura 11. Diagrama de secado de uvilla .....	38
Figura 12. Recepción de materia prima (uvilla).....	39
Figura 13. Selección según la coloración y descapuchonado de la uvilla .....	39
Figura 14. Lavado y desinfección de la uvilla con hipoclorito de sodio.....	40
Figura 15. Deshidratación de la uvilla en los métodos de secado.....	40
Figura 16. Pesado de la uvilla deshidratada .....	40
Figura 17. Envasado de uvilla en fundas de polietileno.....	41
Figura 18. Fenoles totales en uvilla deshidratada .....	48
Figura 19. Efecto del método de secado y estado de madurez sobre los fenoles totales de la uvilla deshidratada. ....	50
Figura 20. Actividad antioxidante en la uvilla deshidratada.....	51
Figura 21. Humedad de la uvilla deshidratada.....	54
Figura 22. Acidez de la uvilla deshidratada .....	56
Figura 23. Sólidos solubles de la uvilla deshidratada .....	58
Figura 24. pH de la uvilla deshidratada .....	60
Figura 25. Variación del porcentaje de humedad de la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador de estufa .....	63
Figura 26. Velocidad de secado de la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador de estufa. ....	64

Figura 27. Variación del porcentaje de humedad en la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador de bandejas.....	65
Figura 28. Velocidad de secado de la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador de bandejas.....	66
Figura 29. Variación del contenido de humedad en la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador solar.....	67
Figura 30. Velocidad de secado de la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador solar	68
Figura 31. Comparación de costos de producción entre métodos de secado .....	70
Figura 32. Balance de materia de uvilla deshidratada.....	71

## RESUMEN

La uvilla (*Physalis peruviana* L.) es una fruta jugosa de alto valor nutricional que se le han atribuido numerosas propiedades benéficas como antiasmático, diurético, antiséptico, sedante, analgésico entre otras. Estos beneficios han incentivado investigaciones orientadas al contenido de componentes antioxidantes específicos con la finalidad de incrementar su valor nutricional después del tratamiento térmico. En este sentido la investigación tuvo como finalidad evaluar las propiedades fisicoquímicas (sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, humedad), actividad antioxidante y fenoles totales de la materia prima, así como del producto terminado. Para esto, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (AxB) siendo los factores: métodos de secado (bandejas, estufa y solar) y estados de madurez (tres y cinco). Como resultado se obtuvo que el tratamiento T3 (secador de bandejas y estado de madurez tres) mostró el mayor contenido de fenoles totales de 62,51 mg AGE/100g, pero T4 (secador de bandejas y estado de madurez cinco) como el mejor en obtener mayor retención de actividad antioxidante de 184  $\mu$ mol TE/100g debido a que el secador posee temperatura y flujo de aire constante lo que permitió la deshidratación en cortos periodos de tiempo. Adicionalmente se determinó que el contenido fenólico se reduce durante la maduración, en cambio la actividad antioxidante presentó un incremento debido a la generación de compuestos durante la maduración como antocianinas y betacarotenos. De esta manera, se concluyó que los estados de madurez y el secado en bandejas influyen sobre el contenido de compuestos fenólicos y antioxidantes de la uvilla deshidratada.

## ABSTRACT

The goldenberry (*Physalis peruviana* L.) is a juicy fruit of high nutritional value that has been attributed numerous beneficial properties as antiasthmatic, diuretic, antiseptic, sedative, analgesic among others. These benefits have stimulated research aimed at the content of specific antioxidant components in order to increase their nutritional value after heat treatment. In this sense, the research aimed to evaluate the physicochemical properties (total soluble solids, pH, titratable acidity, humidity), antioxidant activity and total phenols of the raw material, as well as the finished product. For this, a completely random design with factorial arrangement (AxB) was used, the factors being: drying methods (trays, stove and solar) and maturity stages (three and five). As a result, it was found that the T3 treatment (tray dryer and maturity stage three) showed the highest content of total phenols of 62.51 mg AGE / 100g, but T4 (tray dryer and maturity stage five) as the best in obtain greater retention of antioxidant activity of 184  $\mu$ mol TE / 100g because the dryer has constant temperature and air flow which allowed dehydration in short periods of time. Additionally, it was determined that the phenolic content is reduced during maturation, whereas the antioxidant activity showed an increase due to the generation of compounds during maturation such as anthocyanins and beta-carotene. In this way, it was concluded that the states of maturity and drying in trays influence the content of phenolic compounds and antioxidants of the dehydrated goldenberry.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 PROBLEMA**

La uvilla es una de las frutas exóticas más importantes en términos de exportaciones por varios países Andinos entre ellos Ecuador. Esta fruta es muy apreciada debido a características como: aroma, sabor, bondades nutricionales y medicinales conocidas en la actualidad como nutraceuticas (Altamirano, 2010). Esto ha dado lugar a que la demanda aumente, así como su producción y se la pueda encontrar en los supermercados del país.

En Ecuador la uvilla ha captado el interés del sector agroindustrial como producto deshidratado destinado a la exportación por sus diversas propiedades nutricionales y demanda existente. En la actualidad, los procesos de secado utilizados para la deshidratación de uvilla no consideran las propiedades funcionales que aporta la uvilla en fresco, debido al desconocimiento de los componentes sensibles al proceso de secado lo cual ha provocado que se utilicen metodologías de secado inadecuadas.

Diversos estudios en el proceso de secado de uvilla han podido demostrar que existe una disminución del contenido de fenoles totales debido al prolongado tiempo de secado, de igual manera la actividad antioxidante se ve afectada por las altas temperaturas haciendo que se desaproveche las propiedades de la uvilla, por tal motivo se pretende realizar un estudio de los diferentes métodos de secado los cuales permitirán determinar el o los métodos de secado que conserven en mayor medida sus componentes o propiedades funcionales.

### **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La uvilla es un producto apetecido en el mercado internacional por sus diversos beneficios que aporta al organismo, impulsado por los cambios en las preferencias en cuanto al consumo de productos con alto valor nutricional por parte de los consumidores. Lo cual se ha constituido como un incentivo muy importante para el productor, lo que refleja en un aumento constante del área cultivada de uvilla. Según datos del Banco Central del Ecuador el país en el 2014 exportó 16,8 toneladas de uvilla

deshidratada y en el año 2015 exportó 36 toneladas de uvilla deshidratada este incremento se debió a una creciente demanda del producto deshidratado.

Muchas propiedades medicinales son atribuidas a la uvilla en el tratamiento de enfermedades como: antiasmático, diurético, antiséptico, sedante, analgésico, fortifica el nervio óptico, alivia problemas de garganta, elimina parásitos intestinales y amebas; además se reportan sus propiedades antidiabéticas, recomendando el consumo de 5 frutos diarios (Restrepo, Cortés, & Márquez, 2009).

En este sentido, es importante un estudio que brinde una metodología de secado adecuada la cual permita obtener un producto final de mayor calidad. Por ello la presente investigación tiene como objetivo determinar el mejor método de secado el cual permita obtener un producto final con el mayor contenido de antioxidantes y fenoles totales con un costo razonable de producción.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de tres métodos de secado sobre la actividad antioxidante y fenoles totales de la uvilla *Physalis peruviana* L.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y fenoles totales de la uvilla.
- Evaluar el efecto del método de secado y el estado de madurez de la uvilla sobre las propiedades fisicoquímicas, fenoles totales y la actividad antioxidante del producto final.
- Estimar los costos de producción de uvilla deshidratada obtenida mediante tres métodos de secado.

## **1.4 HIPÓTESIS**

### **1.4.1 HIPÓTESIS NULA**

El método de secado y la madurez de la uvilla no inciden el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante del producto deshidratado.

### **1.4.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA**

El método de secado y la madurez de la uvilla inciden el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante del producto deshidratado.



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 UVILLA**

##### **2.1.1 GENERALIDADES**

La uvilla es una fruta exótica que pertenece a la familia de las Solanaceae y al género *Physalis*, con un característico sabor dulce y amargo (Ramadan & Moersel, 2007). Originario de los Andes, habiendo trascendido en la historia durante los periodos preincaicos e incaicos (Puente, Pinto-Muñoz, Castro, & Cortés, 2011). Esta fruta se caracteriza por ser una baya esférica, con un diámetro de entre 1,25 y 2,50 cm y una masa entre 4 y 10 g. y está protegida por el cáliz, que cubre completamente la fruta durante su desarrollo y maduración (Luchese, Gurak, & Ferreira, 2015).

Este cultivo posee un alto potencial ya que es capaz de crecer en una amplia gama de altitudes y tolerar bajas temperaturas. En la actualidad la uvilla es altamente valorada por su sabor, textura, color y nutrientes ya que son una buena fuente de Provitamina A, minerales, ácidos grasos, vitamina C y complejo de vitamina B, tales como tiamina, niacina y vitamina B12 (Carrillo, Estévez, & Alvarez, 2015). En Ecuador los cultivo de uvilla de mayor producción se encuentran localizadas en las provincias de: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Azuay contando con más de 200 Hectáreas en 2011 (Bucheli, y otros, 2014).

### 2.1.2 TAXONOMÍA

En la Tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica de la uvilla.

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de *Physalis peruviana* L.

Categoría	Nombre científico y común
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Physalis</i> L.
Especies	<i>Physalis peruviana</i> L.
Nombre común	Uvilla, uchuva, aguaymanto, tomatillo, capulí

Fuente: (USDA, 2016)

## 2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA PLANTA

Las plantas son perennes o anuales, de hasta 1 metro de altura, con pelos simples y tallos angulosos simples o ramificados. Las hojas son ovadas de 5-15 x 3-8 cm, con el borde sinuado-dentado, entero o lobulado (Sánchez, 1991) citado por (Balaguera, Ramírez, & Arévalo, 2014). Las flores son de color amarillo de color purpura y en forma de campana las cuales pueden ser fácilmente polinizadas por los insectos, viento y autopolinización. Los frutos generalmente pesan entre 4 y 5 g con un diámetro de 1,25 a 2,50 cm con una cascara amarilla brillante de forma ovoide y contienen alrededor de 100 a 200 semillas pequeñas (Carrillo, Estévez, & Alvarez, 2015)

El cáliz protege al fruto hasta su completa maduración y pierde su clorofila desde los 40 a 45 días del desarrollo, constituido por 5 sépalos persistentes con una estructura similar a una vejiga. Entre otras funciones que tiene el cáliz se encuentra proteger al fruto contra patógenos, insectos, pájaros y condiciones climáticas extremas (Fisher, Almanza-Merchán, & Miranda, 2014).

### **2.2.1 VARIEDADES**

Entre los eco tipos que se producen en el Ecuador según (Brito, 2002) se tiene:

- El tipo colombiano o Golden Keniano que es una uvilla grande que se caracteriza por su color amarillo intenso con una alta demanda por los mercados de exportación.
- El ambateño que es una uvilla mediana de color verde y amarillo de sabor agridulce.
- La ecuatoriana que es un eco tipo más pequeño de color amarillo intenso y de aroma más agradable

### **2.2.2 CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DEL CULTIVO**

La uvilla es un cultivo que se desarrolla en altitudes de 1800 y 2800 msnm con temperaturas de 13 °C y 15 °C. (Balaguera, Ramírez, & Arévalo, 2014). La uvilla tiene un desarrollo excesivo en condiciones de intensidad lumínica reducida mostrándose muy frondosa, es decir que para un mejor desarrollo la planta debe estar a plena luz (Fischer & Melgarejo, 2013). La precipitación de 1000 a 2000mm distribuidos a lo largo del año favorecen el desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta ya que una humedad demasiado alta durante la época de cosecha deteriora el fruto (Fischer & Melgarejo, 2013).

Las plantaciones de uvilla se desarrollan bien a humedades relativas (HR) de 70 y 80%, un exceso de HR favorece la propagación de enfermedades en las hojas y el cáliz (Fischer & Miranda, 2012). Los suelos adecuados para el cultivo de uvilla deben ser de estructura franco-arenosa o franco arcillosa, sueltos y con buen drenaje, con un contenido de materia orgánica alto (>3%) y con un pH DE 5,5 A 6.5 (Fischer & Melgarejo, 2013)

### **2.2.3 ESTADO DE MADUREZ**

El estado de madurez puede ser determinado mediante el color de la epidermis del fruto de uvilla. La cosecha se puede realizar cuando el cáliz presenta una tonalidad amarillenta ya que el cambio de color del cáliz y el fruto tienen una sincronía y se correlacionan bien con otros indicadores físicos, químicos y sensoriales (Balaguera,

Ramírez, & Arévalo, 2014). El momento óptimo de cosecha es cuando la uvilla presenta una tonalidad (3 / 4) de maduración si la fruta es destinada para el mercado externo y de tonalidad naranja si es para el mercado nacional (Mazorra, Quintana, Miranda, Fischer, & Chávez, 2003).

Parámetros como acidez, sólidos solubles (°Brix), color e índice de madurez son los más utilizados al momento de determinar el estado de madurez de la uvilla. El método físico más sencillo, rápido y económico es el color de la fruta, pero al no ser un método confiable debe combinarse con otro parámetro para tener mayor confiabilidad (García, Peña, & Brito, 2014).

#### **2.2.4 POSTCOSECHA Y AGROINDUSTRIA DE LA UVILLA**

La selección de uvilla se realiza de forma manual inicialmente en la finca, donde se realiza la selección de forma muy superficial. Los productos que no cumplan con las exigencias son eliminados. Los frutos con cáliz se clasifican de acuerdo a su estado de madurez lo que implica establecer parámetros de calidad para su selección, de acuerdo con las exigencias del consumidor (Fischer, Miranda, Piedrahíta, & Romero, 2005). En la Agroindustria, se realizan una diversidad de productos, por ende, se debe considerar que la uvilla posee un 70% de pulpa, 23,6% de semillas y cascara y un 6,4% de cáliz, entre los productos principalmente elaborados a partir de la uvilla son: pulpas, bebidas, uvillas parcialmente deshidratadas, enteras, mediante osmosis, concentrados en forma de mermeladas (Fischer G. A., 2014).

## 2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA UVILLA

### 2.3.1 COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA

La uvilla es un fruto que posee valores destacables de nutrientes. En la Tabla 2 se muestra la caracterización fisicoquímica obtenida de diversas investigaciones.

**Tabla 2.** Reportes de la composición fisicoquímica de la uvilla

<b>Parámetro fisicoquímico</b>	<b>(Mendoza Ch, Rodrigues de S, y Millán, 2012)</b>	<b>(Marín A, Cortés R, y Montoya C, 2010)</b>	<b>Márquez C, Cartagena V, y Cotes T, 2009)</b>	<b>(Restrepo Duque, Cortés R, y Márquez C, 2009)</b>
Actividad de agua	0,998	0,988	--	0,985
Acidez (%)	2	2,05	2,4	2,1
°Brix	13	14,3	12,5	13,8
Densidad (Kg/m3)	1,1031	1,038	--	--
pH	3,72	3,39	3,56	3,39

Fuente: (Tacanga, 2015)

### 2.3.2 PROPIEDADES ANTIOXIDANTES DE LA UVILLA

El interés por las propiedades antioxidantes ha sido un blanco reciente de numerosos estudios, diversas propiedades de la uvilla están relacionadas con la capacidad antioxidante y poli fenoles presentes en la fruta. En la Tabla 3 se puede observar reportes de diversos autores de la capacidad antioxidante determinado en términos de actividad antioxidante (método DPPH) y fenoles totales (método Folin-Ciocalteu) (Puente, Pinto-Muñoz, Castro, & Cortés, 2011).

**Tabla 3.** Capacidad antioxidante de la uvilla

Parámetro	Actividad antioxidante	
	Restrepo (2008)	Botero (2008)
DPPH ( $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ muestra)	210,82 $\pm$ 9,45	192,51 $\pm$ 30,13
Contenido de fenoles totales (mg ácido gálico/100g muestra)	40,45 $\pm$ 0,93	39,15 $\pm$ 5,43
FRAP (mg ácido ascórbico/100g muestra)	56,53 $\pm$ 1,38	54,98 $\pm$ 7,14

Fuente: (Puente, Pinto-Muñoz, Castro, & Cortés, 2011)

### 2.3.3 PROPIEDADES DE LA UVILLA

Diversos estudios indican que los compuestos bioactivos presentes en frutas y verduras se asocian con un menor riesgo de adquirir enfermedades degenerativas (Ramadan & Moersel, 2007). La uvilla es una planta ampliamente utilizada en la medicina popular como anticancerígeno, antimicrobiano, tratar enfermedades como la malaria y demás enfermedades (WU, y otros, 2005)

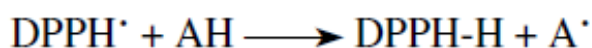
## 2.4 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Los antioxidantes son sustancias que reducen las reacciones de oxidación las mismas pueden ser naturales o sintéticos (Gaviria, y otros, 2009). Según (Londoño, 2012) “la actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa, de tal manera que un antioxidante actúa, principalmente, gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres” (p.129). La actividad antioxidante es dependiente de factores como temperatura, composición lipídica, presión de oxígeno y muchos componentes alimenticios como proteínas y agua (Pokorny, Yanishlieva, & Gordon, 2001). Estos compuestos al retardar la degradación oxidativa, previenen la formación de colores y olores desagradables, siendo la mayoría de los utilizados comercialmente de origen sintético (Vásquez, y otros, 2007).

En alimentos los antioxidantes se definen como sustancias capaces de retrasar la ranciedad o deterioro del sabor causados por la oxidación al extender el periodo de inducción (Pokorny, Yanishlieva, & Gordon, 2001). Según estudios realizados la uvilla contiene un alto contenido de fenoles totales y una considerable actividad antioxidante. Así, la uvilla se puede considerar como una buena fuente de compuestos antioxidantes naturales, destacándose el ácido salicílico y protocatequínico (Rockenbach, y otros, 2008).

#### 2.4.1 MÉTODO DPPH

El método DPPH se ha usado desde hace varios años por numerosos autores que han ido realizando diversas adaptaciones a la matriz alimentaria de la cual requieren obtener información (Jiménez, Sánchez, & Martínez, 2012). Este método se caracteriza por la deslocalización de un electrón desapareado, otorgando una coloración violeta intenso al mezclar la solución DPPH (2,2-difenil-1pycril-hidrakil) con una solución capaz de donar un átomo de hidrogeno, pasando a la forma reducida y cambiando su coloración violeta a una coloración naranja pálido (Molyneux, 2004), tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Mecanismo de reacción del radical oxidante DPPH  
(Frankel, 2012)

La generación de radicales libres a partir de la solución (2,2-difenil-1pycril-hidrakil) podrá ser medido por medio del espectro visible, a una longitud de onda de 517 nm. Con los datos obtenidos de la absorbancia se podrá calcular el IC<sub>50</sub> el cual determinará cuántos mg o µl son necesarios para inhibir el 50% de los radicales libres presentes en la muestra (Shahidi & HO, 2007).

### 2.5 COMPUESTOS FENÓLICOS

Los compuestos fenólicos son sustancias que tienen diferentes estructuras y propiedades químicas. Así como un anillo aromático, con uno o más grupos hidroxilo (Gutiérrez, Ortiz, & Mendoza, 2008). Los compuestos fenólicos como: los tocoferoles, tocotrienoles y flavonoides presentan una alta capacidad de atrapar radicales, por lo

que resulta de mucha importancia la evaluación del contenido total de fenoles (Vásquez , y otros, 2007).

Si bien el contenido de compuestos fenólicos totales de la uvilla no es destacable frente a otras frutas, existe un gran interés por conocer los metabolitos de tipo fenólico sobre las propiedades antioxidantes en la uvilla, puesto que en ocasiones, las propiedades antioxidantes de una matriz compleja, no están relacionadas con el contenido de poli fenoles totales, sino con el contenido de un metabolito en particular de potente acción (Bravo , Navas, & Osorio, 2014).

### **2.5.1 MÉTODO FOLIN-CIOCALTEU**

Este procedimiento se fundamenta en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes, al utilizar como sustancias reactantes la mezcla de ácidos fosfowolfrámico y fosfomolibdico en medio básico (Gutiérrez, Ortiz, & Mendoza, 2008). Al oxidar los compuestos fenólicos se originan óxidos azules de wolframio y molibdeno, donde la absorbancia de coloración azul desarrollada se mide en un espectro visible a 765 nm, expresándose los resultados en mg de ácido gálico por 100g de muestra (Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini, & Fett, 2005).

## **2.6 SECADO**

El secado es la técnica de conservación más antigua utilizada para la preservación de los alimentos, posibilitando la subsistencia del hombre en las épocas de carencia de alimentos (Fito, Andrés, Barat, & Albors, 2001). Al deshidratar un alimento se reduce la cantidad de agua lo que previene el crecimiento de microorganismos, así como la reducción del peso y volumen lo que facilita el empaque, transporte y almacenamiento. Además, permiten ser almacenados por largos periodos de tiempo (Vega, Andrés, & Fito, 2005). En el secado de frutas y verduras, se aplica calor para evaporar el agua y removerla de los tejidos del fruto. El calor se puede aplicar al alimento mediante tres mecanismos de transferencia de calor como son la conducción, convección y radiación (Ceballos, 2012).



## **2.7 OBJETIVOS DEL SECADO**

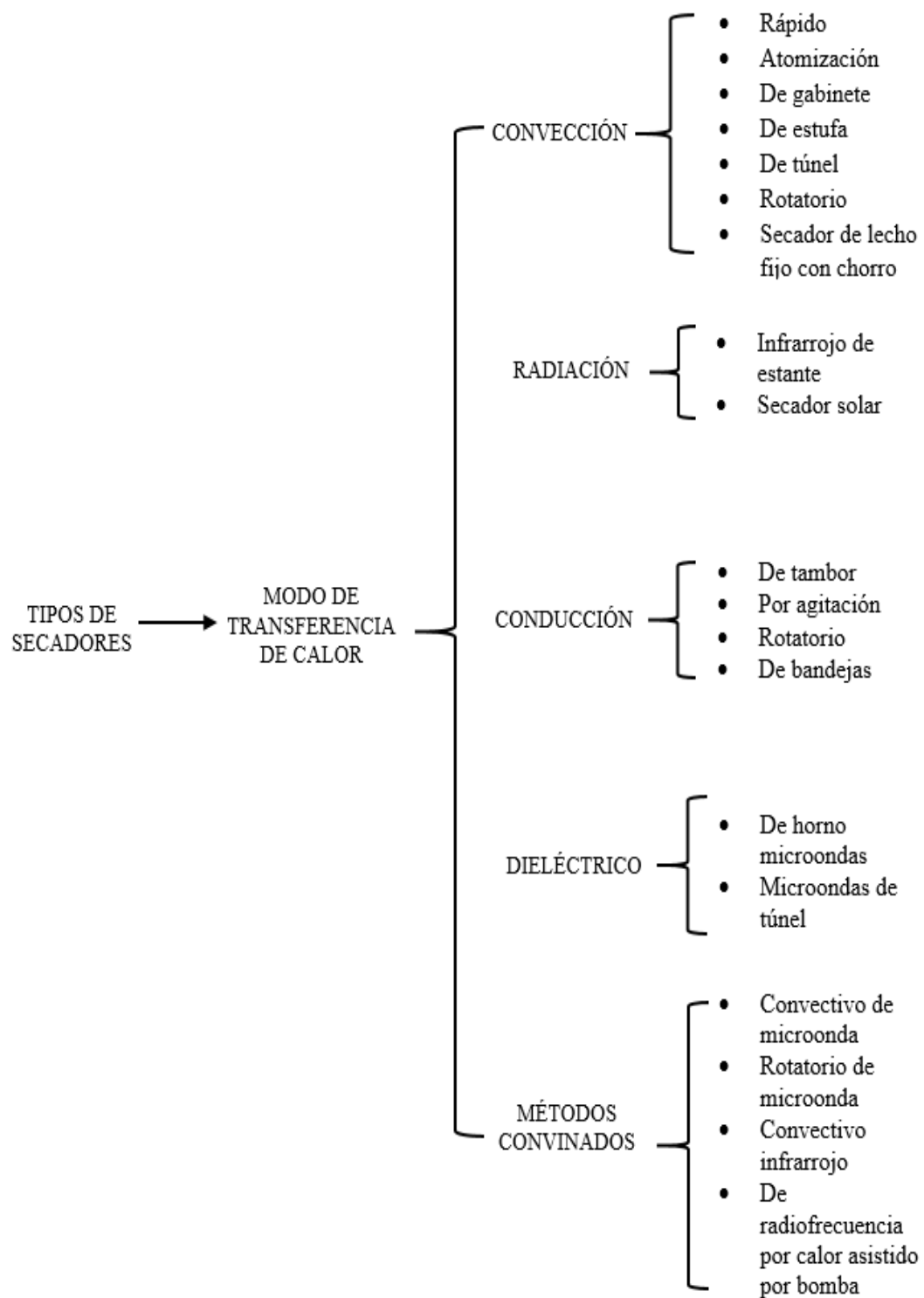
El secado o la deshidratación es, por definición la eliminación de agua por medio de la evaporación, desde un alimento sólido, con el propósito de obtener un producto sólido con bajo contenido de agua (Berk, 2009).

Los principales objetivos del secado o deshidratación de alimentos son:

- Preservación como resultado de la disminución de la actividad de agua.
- Reducción de volumen y peso.
- Transformación del alimento a una forma más conveniente de almacenar, empaquetar, transportar y uso.
- Impartir a un producto alimenticio una característica deseable en particular, como un producto de diferente sabor, masticabilidad, etc.

## **2.8 TIPOS DE SECADORES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

En función de la influencia de la transferencia de materia y calor, el equipo de secado más eficaz será aquel que mantenga los máximos valores posibles de las gradientes de presión de vapor y temperatura entre el aire y el interior del producto a secar (Araya-Farias & Ratti, 2009). Los equipos más usados en el secado de alimentos se clasifican en la Figura 2.

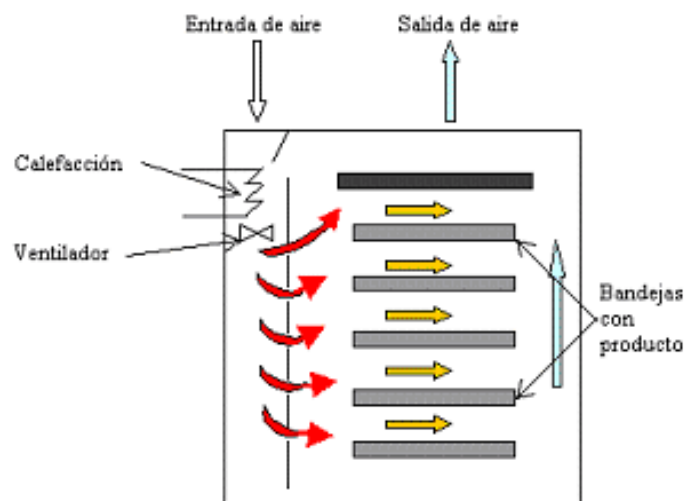


**Figura 2.** Clasificación de los secadores conforme al modo de transferencia de calor.  
(Araya-Farias & Ratti, 2009)

### 2.8.1 SECADORES DE BANDEJA O DE ARMARIO

Los secadores de armario se utilizan para el secado discontinuo de alimentos a pequeña o moderada escala. El secador de armario consiste en un compartimiento cerrado, donde las bandejas descansan en estantes con espacios adecuados entre ellas para que el aire circule entre las bandejas como se indica en la Figura 3. Muy a menudo las bandejas se perforan para proporcionar el flujo de aire a través de las bandejas (Berk, 2013).

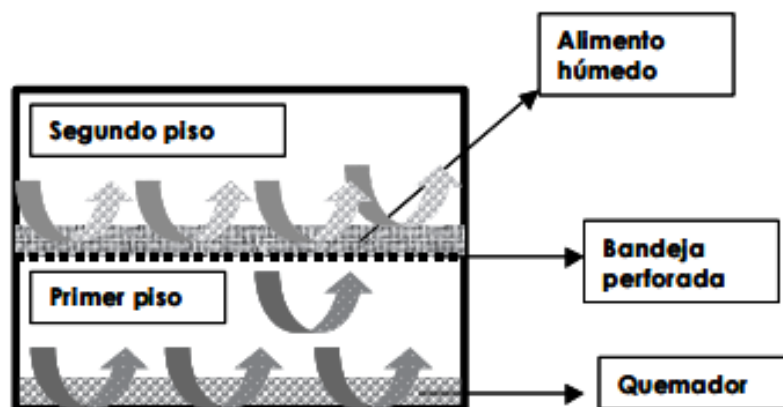
El aire que circula sobre la superficie del producto es relativamente a alta velocidad para aumentar la eficacia de la transmisión de calor y de la transferencia de materia (Singh, 2009). Las temperaturas de entrada del aire están generalmente en los rangos de 60-80°C y la duración de secado de un lote dependerá del producto y las condiciones de secado (Berk, 2013).



**Figura 3.** Esquema de un secador de bandejas

### 2.8.2 SECADORES DE HORNO O ESTUFA

Es uno de los más simples y consta de un pequeño recinto de dos pisos. El aire de secado se calienta por medio de resistencias en la parte inferior y atraviesa al segundo piso el cual consta de un piso perforado donde se asienta el producto a secar (Fito P. G., 2016) como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** Esquema de un secador de horno o estufa  
(Fito P. G., 2016)

La estufa de secado está formada de dos cámaras (interna y externa). La interna es construida de aluminio, con buenas propiedades para transmitir calor. La externa está compuesta por una película de pintura protectora. En la cámara interna el calor generado mediante resistencias eléctricas es distribuida por convección natural o convección forzada (Quiroz, 2015).

### 2.8.3 SECADORES SOLARES

Los secadores solares se dividen en dos tipos, según la forma de transferencia de energía al producto a secar, esto es, secado directo o indirecto, pudiéndose combinar los dos procedimientos. Con estos equipos se obtienen productos de alta calidad, debido a la utilización de temperaturas moderadas (Pontin, Lema, Ritta, Sanmartino, & Ghirardotto, 2005). Los secadores solares están compuestos por dos partes: la cámara de secado y el colector solar, donde el colector solar es la parte esencial del secado, ya que es donde se genera el aire caliente transformando la energía radiante del sol en aire caliente (Torres & Vega, 2015).

El colector posee una cobertura de vidrio que retiene el calor por el efecto invernadero. La cubierta de vidrio impide que la radiación solar que se refleja escape del colector, incrementando la temperatura de la placa y las paredes del colector. La cámara de secado posee una entrada en la parte inferior, donde se conecta con el colector y una salida en la parte superior en forma de chimenea, de modo que haya flujo de aire

interrumpido al momento del paso con el producto fresco (Roa & Ortega, 2011) como se muestra en la Figura 5.

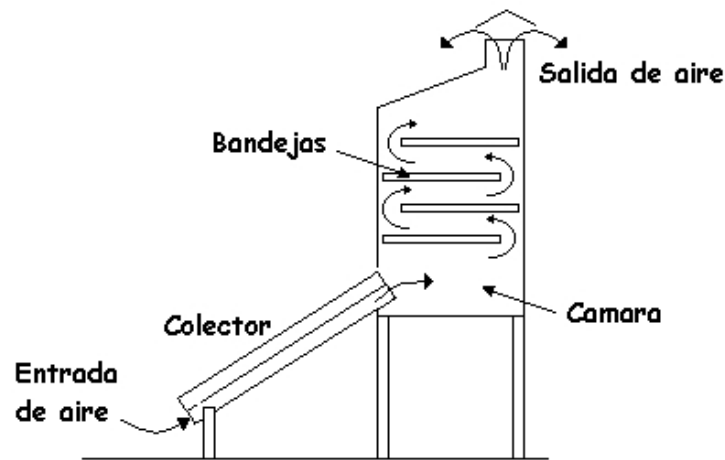


Figura 5. Esquema de un secador solar

## 2.9 PROCESO DE SECADO

Para eliminar la humedad de un alimento de manera eficaz debe tenerse en cuenta diferentes aspectos y mecanismos que tiene lugar en el producto. Estas características tienen gran importancia en frutas y verduras, ya que la retirada del agua puede modificar su estructura (Singh, 2009). Entre estas se encuentran la actividad de agua y humedad que presenta el alimento a deshidratar, la temperatura de secado con la que se trabajará, tanto de bulbo húmedo como de bulbo seco, así como la velocidad y humedad del aire de trabajo, todos los cuales afectarán la curva de secado del proceso, en esta sección se describirán todos los aspectos antes mencionados.

### 2.9.1 ACTIVIDAD DE AGUA

Uno de los parámetros importantes en la deshidratación es el agua contenida en los alimentos que está más o menos disponible. La mejor forma de expresar esta disponibilidad es la relación entre la presión parcial del agua en el alimento y la presión de vapor del agua pura. Por definición, la actividad de agua es la humedad relativa de equilibrio dividida por 100 (Singh, 2009), tal como se muestra en la ecuación 1.

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{\%HRE}{100} \quad (1)$$

**Donde:**

$a_w$ : Actividad de agua

$P$ : Presión parcial de agua en el alimento

$P_0$ : Presión de vapor del agua pura

$\%HRE$ : Humedad relativa de equilibrio

La actividad de agua siempre será menor a 1, debido a que sus constituyentes retienen el agua de manera parcial; lo que significa que su capacidad de vaporizarse es menor. Peñafiel (2017) afirma que “El agua en un producto puede encontrarse como: agua libre y agua ligada, donde el agua libre requiere de 2400KJ/Kg de energía para evaporarse, mientras que el agua ligada requiere mayor energía” (p.20).

### 2.9.2 CONTENIDO DE HUMEDAD

La humedad se puede expresar en base seca o base húmeda mediante las ecuaciones (2) y (3) respectivamente. Gran cantidad del agua se elimina mediante difusión, en fase líquida o vapor a través de la estructura inferior del alimento. La eliminación de la humedad del producto dependerá de la transferencia de materia por convección hacia la superficie del producto (Singh, 2009).

$$X_{BS} = \frac{m_a}{m_s} * 100\% \quad (2)$$

**Donde:**

$X_{BS}$ : Contenido de humedad en base seca (%)

$m_a$ : Masa de agua contenido en el sólido (Kg)

$m_s$ : Masa de sólido totalmente seco (Kg)

$$x_h = \frac{m_a}{m_a + m_s} * 100\% \quad (3)$$

**Donde:**

$X_{BH}$ : Contenido de humedad en base húmeda (%)

$m_a$ : Masa de agua contenido en el sólido (Kg)

$m_s$ : Masa de sólido totalmente seco (Kg)

### **2.9.2.1 Humedad de equilibrio**

La humedad de equilibrio es aquella humedad del producto invariante en el tiempo que se alcanza luego de ponerlo en contacto con aire a temperatura y humedad constante durante un lapso de tiempo. Lo anterior se debe a que no existe mayor posibilidad de retirar agua del producto mediante evaporación (Geankoplis, 2006). De aquí se relacionan la humedad libre y la humedad ligada.

### **2.9.2.2 Humedad libre**

Es la humedad que puede perder un sólido después de un tiempo prolongado de estar en contacto con el aire a condiciones constantes (Universitat Politècnica de Catalunya, s.f.).

### **2.9.2.3 Humedad ligada**

Es el valor de la humedad de equilibrio del sólido en contacto con el aire saturado o la humedad mínima del sólido necesaria para que este deje de comportarse como higroscópica (Universitat Politècnica de Catalunya, s.f.).

## **2.9.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL SECADO**

El secado se realiza mediante la evaporación de la humedad por medio de un equipo de secado, la velocidad de evaporación depende de factores como la temperatura del aire, tanto en bulbo húmedo como en bulbo seco, la velocidad del aire de secado y la humedad del aire de secado, factores que se describirán a continuación.

#### ***2.9.3.1 Temperatura del aire***

En forma general, conforme se incrementa la temperatura del aire se acelera la eliminación de humedad dentro de los límites posibles. En la práctica de secado, la elección de la temperatura se lleva a cabo tomando en consideración la especie que se vaya a someter al proceso (Singh, 2009). El procesamiento térmico de vegetales y frutas provoca importantes cambios en el contenido de los compuestos bioactivos y su actividad antioxidante. De igual manera el prolongado tiempo de secado afecta al contenido de poli fenoles totales lo cual puede deberse a la oxidación enzimática (Valero, Colina, & Ineichen, 2012).

#### ***2.9.3.2 Temperatura de bulbo húmedo***

La temperatura de bulbo húmedo se puede medir con un termómetro con el bulbo cubierto con un paño mojado. La evaporación del agua de la tela del bulbo del termómetro y el efecto de enfriamiento se indica mediante “temperatura de bulbo húmedo” que es inferior a la “temperatura de bulbo seco” en el aire (Singh, 2009).

#### ***2.9.3.3 Temperatura de bulbo seco***

La temperatura de bulbo seco es la temperatura medida con un termómetro ordinario inmerso en una mezcla de aire y vapor a la temperatura del aire ambiente. Se llama “bulbo seco” porque la temperatura del aire está indicada por un termómetro que no se ve afectado por la humedad del aire (Cerón & Gerrero, 2015).

#### ***2.9.3.4 Velocidad del aire***

La velocidad del aire en el interior de un equipo tiene como función, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en el interior del alimento facilitando la evaporación y transportar la humedad saliente del alimento (Juntamay, 2010). Durante las primeras etapas de secado, la velocidad del aire desempeña un papel muy importante, sobre todo cuando el material contiene un alto contenido de humedad. A mayor velocidad, mayor será la tasa de evaporación y menor el tiempo de secado. Por tal razón, para asegurar un secado rápido y uniforme es indispensable una circulación del aire fuerte y regular (Singh, 2009).



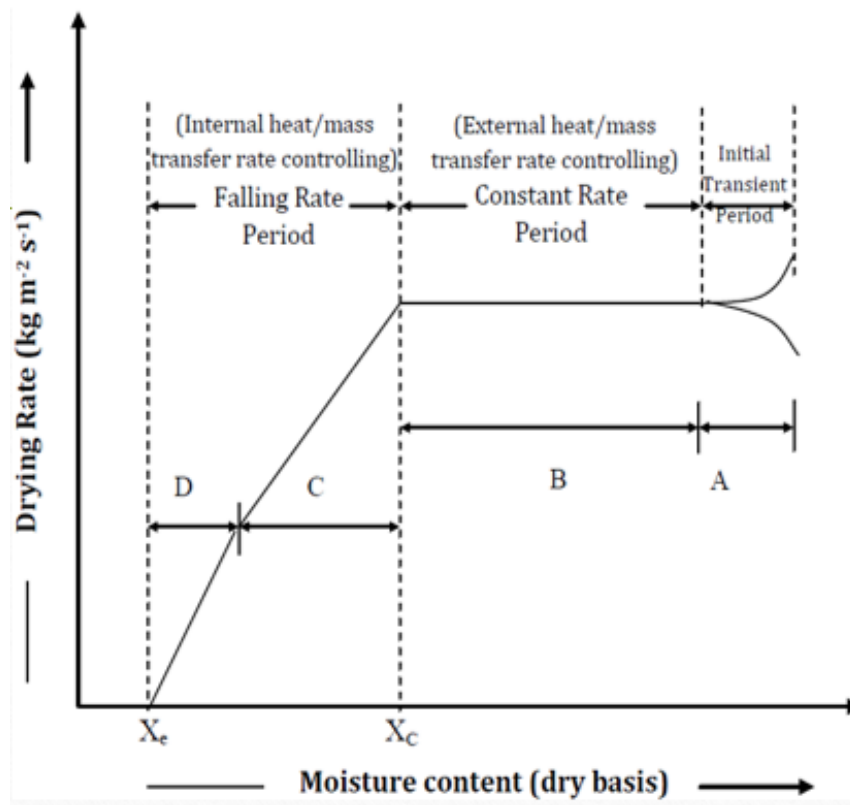
#### **2.9.3.5 Humedad relativa**

La humedad relativa (RH) se define como la relación de presión de vapor del agua ( $P_w$ ) y la presión de vapor de saturación ( $P_{w0}$ ) a la misma temperatura, la misma se muestra en la ecuación 4. Es una medida relativa de la cantidad de humedad que el aire húmedo puede contener a una determinada temperatura (Ratti, 2008).

$$HR = 100 \frac{P_w}{P_{w0}} \quad (4)$$

#### **2.9.4 CURVAS DE VELOCIDAD DE SECADO**

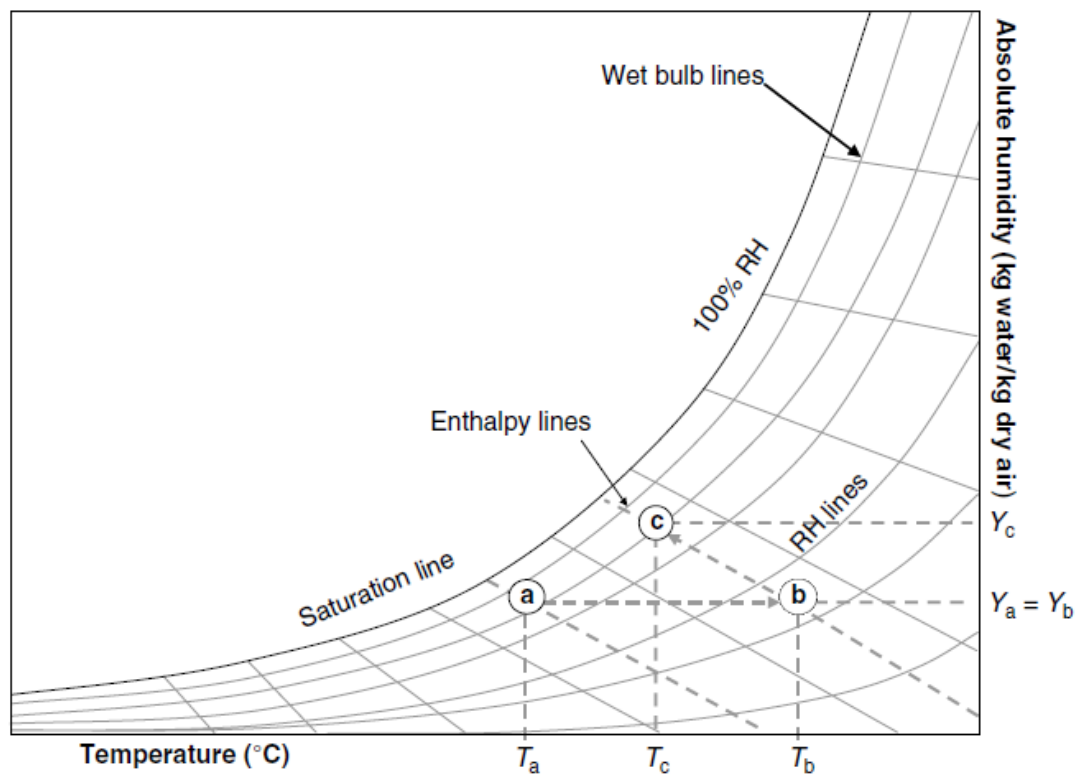
La eliminación del agua de los alimentos se realiza por una serie de etapas diferenciadas entre sí por la velocidad de secado. La Figura 6 muestra las distintas etapas, en la etapa inicial (AB) el producto se calienta ligeramente. En la segunda etapa se produce una reducción del contenido de agua a velocidad de secado constante (BC) y posteriormente existirán uno o varios periodos de velocidad de secado decreciente (CD) (Singh, 2009).



**Figura 6.** Periodos de velocidad de secado  
(Berk, Food Process Engineering Second Edition, 2013)

## 2.10 CARTA PSICROMÉTRICA

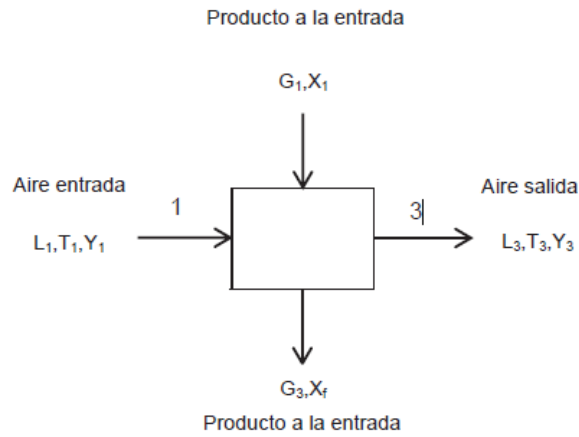
La carta psicrométrica describe la relación entre diversas variables como temperatura de bulbo seco y húmedo, temperatura de rocío, humedad absoluta y relativa, entalpía y el volumen específico del aire (Kader, 2011). La Figura 7 muestra la carta psicrométrica que generalmente se utiliza para describir los procesos de secado por convección. Esta carta es importante para la determinación del balance de masa y calor que involucran mezclas aire-agua porque las propiedades se pueden representar de forma gráfica y las variables antes mencionadas pueden ser fácilmente encontradas en la carta psicrométrica (Ratti, 2008).



**Figura 7.** Diagrama psicrométrico o carta psicrométrica  
(Ratti, 2008)

## 2.11 BALANCE DE MATERIA

Fito (como se citó en Cerón & Gerrero, 2015) indica que el balance de masa se realiza en torno al secador, que permite relacionar la masa total y la masa de agua contenida en el sólido, el aire de entra y aire de salida, la figura 8 muestra la forma en que se realiza el balance de masa para un equipo secador.



**Figura 8.** Balance de materia de un secador

La Figura 8 muestra un diagrama de flujo de un proceso de secado convencional, en ella existen distintas variables, las cuales se describen a continuación:

$L_1$ : Cantidad de aire seco de entrada  $\left[\frac{Kg \text{ aire seco}}{h}\right]$

$L_3$ : Cantidad de aire seco de salida  $\left[\frac{Kg \text{ aire seco}}{h}\right]$

$G_1$ : Masa de sólido seco por hora a la entrada  $\left[\frac{Kg}{h}\right]$

$G_3$ : Masa de sólido seco por hora a la salida  $\left[\frac{Kg}{h}\right]$

$Y_1$ : Catenido de humedad del aire de entrada  $\left[\frac{g \text{ agua}}{g \text{ aire seco}}\right]$

$Y_3$ : Catenido de humedad del aire de salida  $\left[\frac{g \text{ agua}}{g \text{ aire seco}}\right]$

$X_i$ : Humedad inicial  $\left[\frac{g \text{ agua}}{g \text{ masa seca}}\right]$

$X_f$ : Humedad final  $\left[\frac{g \text{ agua}}{g \text{ masa seca}}\right]$

$T_1$ : Temperatura del aire de entrada  $[^{\circ}C]$

$T_3$ : Temperatura del aire de salida  $[^{\circ}C]$

Del balance de masa global del proceso se tiene la ecuación 5.

$$\begin{aligned} L_1 &= L_3 = L \\ G_1 &= G_3 = G \end{aligned} \quad (5)$$

De la figura 8, se plantea como balance de masa por componente el descrito en la ecuación 6

$$Entra = Sale$$

$$\begin{aligned} LY_1 + GX_i &= LY_3 + GX_f \\ LY_3 - Y_1 &= GX_i - X_f \end{aligned} \quad (6)$$

Desarrollando la ecuación 6 se determina la cantidad de aire seco por hora que el sistema de secado necesita como se muestra en la ecuación 7.

$$L = \frac{GX_i - X_f}{Y_3 - Y_1} \quad (7)$$

### 2.11.1 CANTIDAD DE AGUA A RETIRAR DEL PRODUCTO

La cantidad de agua a retirar es igual a la masa de agua que se evapora por medio del aire caliente, para poder determinar se necesita hallar la diferencia entre la humedad en base seca del producto y el tiempo en que esta masa tarda en secarse hasta la humedad deseada, como lo describe la ecuación 8.

$$M = \frac{X_i - X_f * Peso_{seco}}{t_{secado}} \quad (8)$$

Donde:

$M$ : Cantidad de agua a retirar del producto  $\left[\frac{Kg}{h}\right]$

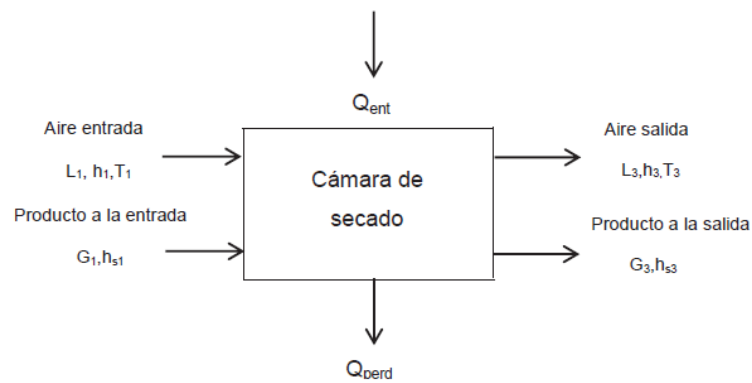
$t_{secado}$ : Tiempo total de secado [h]

## 2.12 BALANCE DE ENERGÍA

Fito (como se citó en Cerón & Guerrero, 2015) piensa que el balance de energía se basa en la ley de la conservación de la energía y para realizar el bance se deben considerar suposiciones como:

- Gran parte de la energía es usada para evaporar el agua del sólido, por tanto, la velocidad de secado se considera constante.
- Se considera el proceso de secado como ideal.

De esta manera, la figura 9 muestra la forma en que se realiza el balance de energía en un equipo secador.



**Figura 9.** Balance de energía de un secador

$Q_{entr}$ : Calor cedido al sistema  $\left[\frac{Kcal}{h}\right]$

$Q_{perd}$ : Perdida de calor por las paredes  $\left[\frac{Kcal}{h}\right]$

$h_1$ : Entalpia del aire a la entrada  $\left[\frac{Kcal}{h}\right]$

$h_3$ : Entalpia del aire a la salida  $\left[\frac{Kcal}{h}\right]$

$h_{s1}$ : Entalpia del sólido a la entrada  $\left[\frac{Kcal}{h}\right]$

$h_{s3}$ : Entalpia del sólido a la salida  $\left[\frac{Kcal}{h}\right]$

Por tanto, el balance de energía se simplifica en un balance entálpico como se define en la ecuación 9

$$Entra = Sale$$

$$Q_{entr} + L_1 h_1 + G_1 h_{s1} = L_3 h_3 + G_3 h_{s3} + Q_{perd} \quad (9)$$

## **2.13 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Estimar los costos de producción es importante al momento de establecer precios, ya que de esto dependerá si se cubren los costos fijos que son independientes de la producción y costos variables que están asociados a la producción, como materia prima, las combinaciones de estos factores se relacionan al proceso productivo, así como posibilidades de rentabilidad (GEO, 2015)

### **2.13.1 FACTORES QUE COMPONEN LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN**

#### ***2.13.1.1 Costos directos***

En este rubro se consideran aquellos que se relacionan con el producto final como: materia prima, insumos, mano de obra, etc.

- La materia prima es aquella que sufrirá procesos de transformación.
- Los insumos y empaques son aquellos que participan de forma directa y son necesarios en el proceso de fabricación y el producto terminado.
- Los suministros se consideran a los que intervienen directamente en la fabricación del producto: como agua, energía eléctrica, etc.
- La mano de obra se considera como los sueldos de los operarios que están directamente relacionados con la fabricación del producto.

#### ***2.13.1.2 Costos indirectos***

Son aquellos que no se pueden atribuir directamente con la fabricación de un producto.

- Los materiales indirectos comprenden los productos de limpieza para la sala de proceso, indumentaria del personal, etc.

- Los suministros indirectos son la energía eléctrica necesaria para la iluminación de la planta de proceso, agua para servicios administrativos y otros.
- La mano de obra indirecta es el personal que interviene de forma indirecta en el proceso, como jefe de control de calidad, jefe de planta, etc.



## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación se realizó en distintas localidades, ya que los equipos e instrumentos para realizar las mediciones se encontraban en distintas sedes de la universidad. Por tanto, el secado en el equipo secador de estufa se realizó en los laboratorios de microbiología y análisis fisicoquímicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte.

Sin embargo, el secado en el equipo secador por bandejas se realizó en las Unidades Edu-productivas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte. Mientras que el secado en el equipo secador solar se realizó en la Parroquia Santa Rosa de Ayora en la ciudad de Cayambe. Por último, los análisis de antioxidantes y fenoles totales se realizaron en los laboratorios de análisis experimental e innovación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte.

#### **3.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El experimento en el equipo secador por bandejas se realizó en la ubicación mostrada en la tabla 4.

**Tabla 4.** Ubicación geográfica del experimento con el secador de bandejas

<b>Características Generales</b>	<b>Datos Meteorológicos</b>
Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	El Sagrario
Sitio:	Unidades Edu-productivas Agroindustrias – FICAYA – UTN
Altitud:	2250 m.s.n.m.

El experimento en el equipo secador de estufa y los análisis de antioxidantes y fenoles se realizó en la ubicación mostrada en la tabla 5.

**Tabla 5.** Localización geográfica del experimento

<b>Características Generales</b>	<b>Datos Meteorológicos</b>
Provincia:	Imbabura
Cantón:	Ibarra
Parroquia:	San Miguel De Ibarra
Sitio:	Laboratorios de microbiología y análisis fisicoquímicos – FICAYA – UTN
Altitud:	2220 m.s.n.m.

El experimento en el equipo secador solar se realizó en la ubicación mostrada en la tabla 6.

**Tabla 6.** Ubicación geográfica del experimento con el secador solar

<b>Características Generales</b>	<b>Datos Meteorológicos</b>
Provincia:	Pichincha
Cantón:	Cayambe
Parroquia:	Ayora
Sitio:	Comunidad Santa Rosa de Ayora
Altitud:	2952 m.s.n.m.

## **3.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

La uvilla fue obtenida de la parroquia Santa Rosa de Ayora de la ciudad de Cayambe con un tamaño de muestra de 500 g para el estado de madurez 3 y 5 (madurez fisiológica y comercial) de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana (NTC 4580) luego fueron llevadas a deshidratación en cada uno de los equipos de secado.

### **3.2.1 EQUIPOS**

Los equipos utilizados para poder cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación se listan a continuación:

- Espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis)
- Balanza analítica
- Refrigerador
- Plancha de agitación magnética
- Liofilizador (modelo Advantage plus ES-53)
- Desecador
- Centrifuga
- Vortex
- Estufa (modelo Memmert SM 400)
- Secador de bandejas
- Secador solar

### **3.2.2 MATERIALES**

Los materiales utilizados para poder cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación se listan a continuación:

- Balón volumétrico (marca Boeco)
- Pipetas (marca Boeco)
- Tubos de ensayo (marca Boeco)
- Tubos ependorf
- Celdas de plástico
- Micropipetas
- Matraz Erlenmeyer (marca Boeco)
- Probetas (marca Boeco)
- Embudos
- Tubos falcom (marca Boeco)
- Vaso de precipitación (marca Boeco)
- Frascos color ámbar
- Papel aluminio
- Parafilm
- Papel filtro #4 GE Whatman
- Gradilla

### **3.2.3 REACTIVOS**

Los reactivos utilizados para poder cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación se listan a continuación:

- Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 19% (marca Loba Chemie)
- Folin-Ciocalteu 2N (marca Sigma Aldrich)
- Ácido gálico (marca Loba Chemie)
- DPPH (marca Sigma Aldrich)
- Trolox (marca Sigma Aldrich)
- Metanol 99.5% (marca Loba Chemie)
- Agua destilada

### 3.3 MÉTODOS

#### 3.3.1 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA UVILLA

Previo a los análisis de la uvilla, la misma se clasificó en los estados de madurez tres y cinco de acuerdo con la norma técnica colombiana (NTC 4580), posteriormente se realizaron los análisis físicos químicos de acuerdo con las variables y métodos descritos en la tabla 7 con la finalidad de establecer parámetros de comparación con la uvilla fresca.

**Tabla 7.** Análisis fisicoquímicos, fenoles totales y actividad antioxidante

Características	Variables	Método/equipo
Fisicoquímicas	pH	Potenciómetro Jenway (modelo 3510)
	Humedad	AOAC Official Methods 920,151 (Henshall, 2012)
	Acidez titulable (%)	AOAC Official Methods 942,1-1990 (Henshall, 2012)
	Sólidos solubles (°Brix)	AOAC Official Methods 932,12-1980 (Henshall, 2012) / Refractómetro
	Fenoles totales	Método Folin-Ciocalteu descrito por Georgé, (2005) / Espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis)
	Actividad antioxidante	Método DPPH descrito por W. Brand-Williams, (1995) con algunas modificaciones realizadas por Thaipong, (2006) / Espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis)

### 3.4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.4.1 FACTORES EN ESTUDIO

En la presente investigación se comparó tres métodos de secado y dos estados de madurez de la uvilla como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8.** Factores en estudio

FACTORES EN ESTUDIO	
FACTOR A	MÉTODO DE SECADO
	A1 Secador de estufa
	A2 Secador de bandejas
FACTOR B	A3 Secador solar
	ESTADO DE MADUREZ
	B1 Madurez 3 (fisiológica)
	B2 Madurez 5 (Comercial)

#### 3.4.2 TRATAMIENTOS

Se evaluaron tres métodos de secado de la uvilla con tres repeticiones cada uno y el tamaño de la unidad experimental fue de 500 gramos donde el proceso de secado de cada tratamiento se realizó de forma individual. La combinación de los factores evaluados se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9.** Descripción de las combinaciones entre factores de estudio

TRATAMIENTOS	FACTOR A Método de secado	FACTOR B Estados de madurez	COMBINACIONES
T1	A1	B1	A1B1
T2	A1	B2	A1B2
T3	A2	B1	A2B1
T4	A2	B2	A2B2
T5	A3	B1	A3B1
T6	A3	B2	A3B2

Se realizó una comparación entre los métodos de secado aplicados a la uvilla para el contenido de antioxidantes y fenoles totales del producto final en cada uno de los métodos.

### **3.4.3 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para el análisis de datos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial A x B y tres repeticiones, obteniéndose seis tratamientos en estudio.

### **3.4.4 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO**

En este experimento se trabajaron con seis (6) tratamientos, con tres (3) repeticiones cada uno dando un total de dieciocho (18) unidades experimentales. Las unidades experimentales se obtuvieron de la multiplicación de los tratamientos y repeticiones, obteniéndose 18 unidades experimentales.

### **3.4.5 UNIDAD EXPERIMENTAL**

El tamaño utilizado en cada unidad experimental fue de 500 g de uvilla seleccionada en los estados de madurez 3 y 5.

### 3.4.6 ANÁLISIS DE VARIANZA

Para el análisis de los datos cuasicuantitativos de forma experimental se procedió a utilizar un análisis de varianza (ADEVA) como se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10. Análisis de varianza**

<b>FUENTES DE VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>
TOTAL	17
Tratamientos	5
Método de secado (A)	2
Estado de madurez (B)	1
I (A x B)	2
Error experimental	12

### 3.4.7 ANÁLISIS FUNCIONAL

Al determinarse diferencias significativas entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 5% y DMS para factores.

### 3.4.8 VARIABLE DE RESPUESTA EVALUADAS

En la tabla 11 se detalla las variables que se evaluaron durante el desarrollo de la investigación.

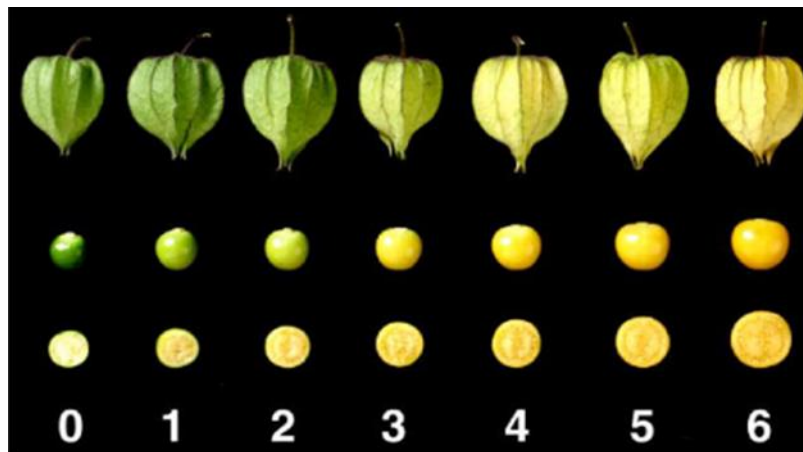
**Tabla 11.** Variables determinadas en la uvilla.

<b>Variables cuantitativas</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>
<b>Físico- químicas</b>		
Solidos solubles		°Brix
Humedad	AOAC 920,151	Porcentaje
Acidez	AOAC 942,15	mEq/100g
<b>Antioxidantes</b>		
Actividad antioxidante	DPPH	μmol equivalente Trolox/100g
<b>Fenoles Totales</b>		
Fenoles totales	Folin – Ciocalteu	mgAGE/100g



### 3.4.9 ESTADO DE MADUREZ

La uvilla para su procesamiento se cosechó en coloración 3 (fruto de color anaranjado) y color 5 (fruto de color anaranjado intenso) basados en la tabla de color de la Norma Técnica Colombiana 4580 como se muestra en la figura 10. Así como el contenido de sólidos solubles que representan cada uno de los estados de madurez como se muestra en la tabla 12.



**Figura 10.** Tabla de color de la uvilla  
(NTE INEN 2485)

La madurez de la uvilla se puede apreciar mediante el cambio de color en el exterior del cáliz, la cual tiene relación directa con la coloración del fruto, que unido a parámetros físicos o químicos: como acidez y sólidos solubles se determinó el estado de madurez.

**Tabla 12.** Contenido mínimo de sólidos solubles expresado como grados Brix (°Brix), de acuerdo con la tabla de color.

Color	0	1	2	3	4	5	6
°Brix (mínimo)	9,4	11,4	13,2	14,1	14,5	14,8	15,1

**Fuente:** NTC 4580

### 3.4.10 DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, FENOLES TOTALES EN LA UVILLA DESHIDRATADA.

Finalizado el proceso de secado se procedió a realizar los análisis que se detallan en la tabla 13.

**Tabla 13.** Variables evaluadas en el producto final

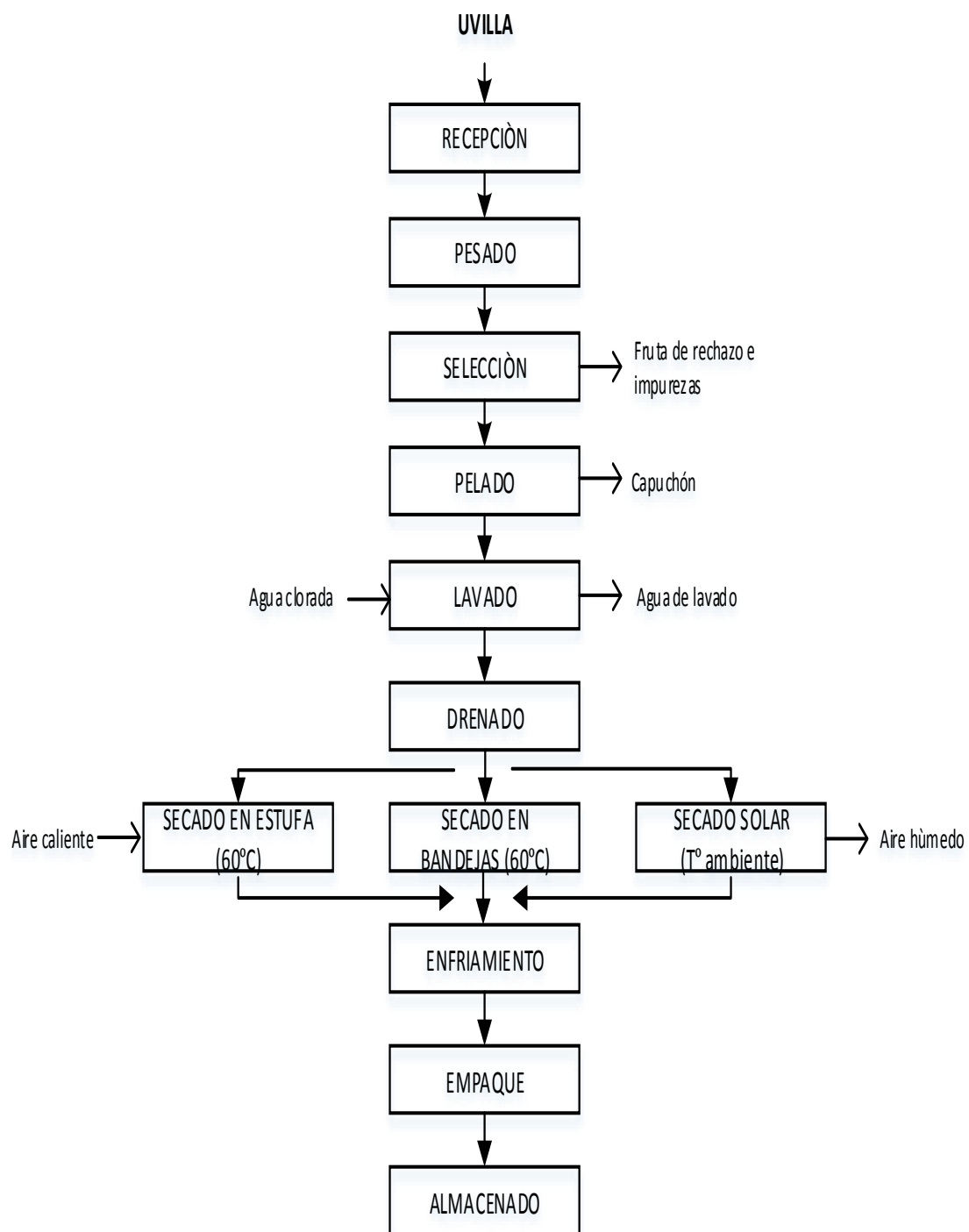
<b>Variables cuantitativas</b>	<b>Método</b>	<b>Unidad</b>
<b>Físico- químicas</b>		
Solidos solubles		°Brix
Humedad	AOAC 920,151	Porcentaje
Acidez	AOAC 942,15	mEq/100g
<b>Antioxidantes</b>		
Actividad antioxidante	DPPH	μmol equivalente Trolox/ 100g
<b>Fenoles Totales</b>		
Fenoles totales	Folin – Ciocalteu	(EAG)/100g de uvilla

Las variables evaluadas en la tabla 13 permitieron determinar el grado de afectación que tiene el método de secado sobre el producto final, causadas por factores como: temperatura de secado, flujo de aire y tiempo de secado.

## 3.5 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

### 3.5.1 DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL SECADO DE UVILLA.

En la figura 11 se presenta el procedimiento que se utilizó para la deshidratación de uvilla en los tres métodos de secado.



**Figura 11.** Diagrama de secado de uvilla

## **3.6 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN**

### **3.6.1 RECEPCIÓN Y PESADO**

La materia prima se adquirió en la organización RESAK mismas que fueron cosechas según la coloración del cáliz y posterior registro del peso mediante una balanza digital. fig. 12.



**Figura 12.** Recepción y pesado de la materia prima (uvilla)

### **3.6.2 SELECCIÓN Y PELADO**

La fig. 13 muestra la etapa donde se retiró impurezas provenientes del cultivo y se clasificó según la Norma Técnica Colombiana NTC 4580, seguido de la eliminación o retiro del capuchón.



**Figura 13.** Selección y pelado de la uvilla

### **3.6.3 LAVADO Y DRENADO**

La fruta se sumergió en una solución de hipoclorito de sodio de 3 ml por litro de agua para eliminar microorganismos presentes, seguido se drenó la fruta para eliminar el exceso de agua fig. 14.



**Figura 14.** Lavado y drenado de la uvilla

### 3.6.4 SECADO

En la fig. 15 se muestra el proceso de secado a temperaturas de 60°C en el secador de estufa, 60°C en el secador de bandejas y temperatura ambiente en el secador solar hasta alcanzar humedad contante.



**Figura 15.** Deshidratación de la uvilla en los métodos de secado

### 3.6.5 ENFRIAMIENTO

Luego del secado se retiró la fruta de la bandeja de cada equipo secador y se dejó reposar por 20 min a temperatura ambiente (fig. 16).



**Figura 16.** Pesado de la uvilla deshidratada

### 3.6.6 EMPAQUE

El producto se envasó en fundas de polietileno, sellándolas con la finalidad de evitar la absorción de humedad ambiental fig. 17.



**Figura 17.** Envasado de uvilla en fundas de polietileno

### 3.6.7 ALMACENADO

El producto final se depositó en un desecador para evitar el incremento de la humedad hasta sus respectivos análisis.

## 3.7 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS.

### 3.7.1 DETERMINACIÓN DE PH

La determinación de pH se la realizó mediante un pH-metro el cual consistió en introducir los electrodos en la solución a medir, el pH de una solución se presentó en un rango de 0 a 14, siendo 7 pH neutro, valores superiores básicos e inferiores ácidos.

### 3.7.2 DETERMINACIÓN DE ACIDEZ

La determinación de acidez de una muestra se realizó mediante titulación colocando a una muestra con agua destilada a la cual se le adicionó gotas de fenolftaleína como indicador para luego titular con hidróxido de sodio hasta el cambio de color, el cálculo se realizó mediante la ecuación 10.

$$\% \text{ de acidez} = ((AXBXC)/DX100) \quad (10)$$

Donde:

A= Cantidad de ml de hidróxido de sodio usado.

B= Normalidad del hidróxido de sodio.

C= Peso equivalente expresado en gramos del ácido predominante en el producto.

D= Peso equivalente en miligramos.

### **3.7.3 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (° BRIX)**

La determinación de sólidos solubles consistió en colocar muestras líquidas (dos a tres gotas) en el refractómetro manual o de mesa, donde ocasionó una desviación proporcional a la cantidad de sólidos disueltos en la muestra expresándose los resultados en (°Brix).

### **3.7.4 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD**

La determinación de la humedad en la muestra se basó en métodos analíticos como balanza infrarroja y secado al horno, siendo la balanza infrarroja el método más rápido para la obtención de resultados. La determinación de humedad por secado al horno consistió en; poner la muestra en el Horno bajo condiciones específicas de 105°C por alrededor de 4 horas hasta que el contenido de agua haya sido eliminado, el cálculo de la humedad se empleó la ecuación 11.

$$\frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 = \% \text{ de humedad} \quad (11)$$

Donde:

$P_i$ = Peso inicial

$P_f$ = Peso final

### **3.7.5 DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTES**

#### **3.7.5.1 Preparación de la muestra**

Se trituraron las muestras para luego colocarlas en bandejas de aluminio en forma de capa fina de aproximadamente 5 mm y se llevó al liofilizador (modelo Advantage Plus ES-53), este proceso se realizó con la finalidad de evitar pérdidas de los compuestos bioactivos. Finalizado el proceso de liofilización, las muestras se molieron y colocaron en sobres de papel manila dentro de un desecador hasta su utilización para la cuantificación.

#### **3.7.5.2 Preparación del extracto**

Para la preparación de los extractos se pesó aproximadamente 0,5 g de muestra liofilizada, se colocó en vasos de precipitación de 50 ml cubiertos con papel aluminio. Luego se adicionó 10 ml de metanol, se agitó con ayuda de una plancha de agitación magnética por 15 minutos a 700 rpm y se almacenó a 2 °C por 24 horas, luego se centrifugó a 7500 rpm durante 20 minutos y se filtró con papel filtro cuantitativo Whatman 4, luego se aforó con metanol en balones volumétricos de 25ml.

#### **3.7.5.3 Cuantificación de fenoles totales**

La cuantificación de fenoles totales se realizó utilizando el método de Folin-Ciocalteu descrito por (Yıldız, İzli, Ünal, & Uylaser, 2014) con pequeñas modificaciones. Para la cuantificación se preparó una curva de calibración con ácido gálico en concentraciones de 10-50 ppm. Para la cuantificación, se utilizó 0.25 ml de extracto de uvilla, al que se adicionó 2,3 ml de agua destilada, luego se añadió 0,15 ml del reactivo Folin-Ciocalteu 1N y se mezcló durante 15 segundos en el vortex, se dejó incubar por 5 segundos y se adicionó 0,6 ml de carbonato de sodio al 19%, se agitó la mezcla por 10 segundos y finalmente se dejó incubar durante 90 minutos en oscuridad a temperatura ambiente. La lectura de la absorbancia se realizó a 760 nm en el espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis), las muestras fueron analizadas por triplicado. Los resultados se reportaron como miligramos equivalentes de ácido gálico (GAE) en 100 gramos de peso seco.

#### **3.7.5.4 Cuantificación de actividad antioxidante DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo)**

La cuantificación de la actividad antioxidante se utilizó el ensayo DPPH descrito por (Corrales, Vergara, Rojano, Yahia, & Maldonado, 2015) con minimas modificaciones. Inicialmente se tomó 280 µL de la solución metanólica de DPPH más 20 µL de extracto de uvilla de cada estado de madurez, luego se mezcló la solución metanólica por 15-30 segundos en vortex, se incubó por 30 minutos en oscuridad a temperatura ambiente. La lectura de la absorbancia se realizó a 517 nm en el espectrofotómetro Jenway (modelo 6705 UV/Vis). La curva de calibración se preparó usando diferentes



concentraciones de Trolox. Los resultados fueron expresados como  $\mu\text{mol}$  de Trolox equivalente en 100 gramos. Las muestras fueron analizadas por triplicado.

### **3.7.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis de las variables de los tratamientos se realizó por triplicado, los resultados de fenoles totales y actividad antioxidante, fueron expresados como valores medio  $\pm$  la desviación estándar, se sometió al análisis de varianza y se comparó entre las medias utilizando las pruebas de significación de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para tratamientos y DMS para factores usando el software estadístico Info Stat Ink y el software Excel para la comparación de los resultados así como, para la elaboración de las gráficas de los valores de las medias.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

La uvilla se obtuvo de la Organización Resak de la ciudad de Cayambe, previo a los análisis, se clasificó en los estados de madurez tres y cinco de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana 4580 Anexo 4.

#### **4.1 DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**

Para la determinación de fenoles totales se realizó una curva de calibración utilizando ácido gálico en concentraciones de 0-60 ppm con un coeficiente de correlación de  $R^2=0,9917$ , por otro lado, para la cuantificación de actividad antioxidante se realizó la curva de calibración con el reactivo Trolox en concentraciones de 0-60  $\mu\text{mol/L}$  con un coeficiente de correlación de  $R^2=0,9897$ , los cuales son cercanos a 1, de manera que el modelo lineal es adecuado para describir la relación entre absorbancia y concentración.

#### **4.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO DE LA UVILLA FRESCA**

Previo a realizar la deshidratación se caracterizó la uvilla fresca de acuerdo con los parámetros de humedad, acidez, pH, sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), fenoles totales y actividad antioxidante, con la finalidad de evaluar el comportamiento de los compuestos antes mencionados durante el proceso de secado, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14.** Parámetros fisicoquímicos de la uvilla fresca

Estado Madurez	Humedad ( % )	pH	Acidez Titulable (mg/100g)	Sólidos solubles (°Brix)	Fenoles Totales (mg <sup>1</sup> AGE/100g)	Actividad Antioxidante ( $\mu$ mol <sup>2</sup> TE/100g)
<b>Madurez 3</b>	79,34	3,49	1,66	14,10	129,90 $\pm$ 0,47	237,33 $\pm$ 5,77
<b>Madurez 5</b>	80,72	3,80	1,52	14,90	124,86 $\pm$ 0,94	260,67 $\pm$ 5,77

**Nota:** <sup>1</sup>AGE: Ácido gálico equivalente; <sup>2</sup>TE: Trolox equivalente

Los valores de humedad del 79,34% (madurez tres) y 80,72% (madurez cinco), ofrecen una característica de fruta jugosa a la uvilla ya que se encuentra entre el 75 y 90% (Peñafiel, 2017). Datos similares fueron reportados por (Corrales, Vergara, Rojano, Yahia, & Maldonado, 2015) quienes presentaron valores de humedad de 79,87  $\pm$  0,94% y 80,27  $\pm$  0,34% para los estados de madurez tres y cinco respectivamente.

El valor de pH de 3,49 (Madurez tres) y 3,80 (Madurez cinco), indica un incremento durante la maduración, esto puede ser debido a que los frutos toman menos ácidos como sustrato respiratorio con el transcurso del tiempo, probablemente por el desdoblamiento de los ácidos orgánicos (Ávila, Moreno, Fischer, & Miranda, 2006). Este incremento es similar al estudio realizado por (Velasquez & Velasquez, 2017) en la caracterización fisicoquímica de la uvilla, cuyos valores de pH para los estados de madurez tres y cinco fueron 3,51  $\pm$  0,02 y 3,80  $\pm$  0,05 respectivamente. Veliz y Espinoza (como se citó en Velasquez & Velasquez, 2017) también reflejaron un comportamiento del pH de la uvilla similar y concluyeron que; este incremento es debido a la reducción de la acidez titulable total, lo que ayuda a madurar al fruto pues se descompone la clorofila y se endulza la fruta.

Por otro lado, el valor de acidez titulable disminuyó desde 1,66 a 1,52 g/100g para los estados de madurez tres y cinco respectivamente que según (Ávila, Moreno, Fischer, & Miranda, 2006), es debido a la maduración de la uvilla ya que según (Benavides & Cuasqui, 2008) se debe a que esta fruta es climatérica y durante el máximo respiratorio desdoblan de manera rápida sus reservas (ácidos orgánicos), como respuesta al incremento de su metabolismo. Valores similares fueron reportados por (Duque,

Giraldo, & Quintero, 2011) y (Restrepo, Cortés, & Márquez, 2009) en la caracterización de uvilla donde presentaron una acidez de  $1,58 \pm 0,1$  y  $1,77 \pm 0,07$  g/100g, para los mismos índices de madurez.

El incremento del contenido de sólidos solubles de 14,10 a 14,90 °Brix puede ser debido a que a medida que los frutos maduran, los contenidos de sólidos solubles incrementa por procesos de hidrólisis del almidón en azúcares más simples (Novoa, Bojacá, Galvis, & Fischer, 2006), estos valores son similares a los presentados en la Norma Técnica Colombiana 4580 de 14,1 °Brix para el estado de madurez tres y 14,8 °Brix para el estado de madurez cinco.

Según la tabla 14 el contenido de fenoles totales de la uvilla disminuye mientras madura, según (Gruz, Ahmet, Torun, & Strnad, 2011) este comportamiento se debe al metabolismo de la fruta, resultando en una falta de sustratos necesarios para la biosíntesis de compuestos fenólicos. Características similares fueron encontradas en estudios realizados en níspero donde también presentaron una disminución de los compuestos fenólicos a medida que la maduración progresó (Gruz, Ahmet, Torun, & Strnad, 2011).

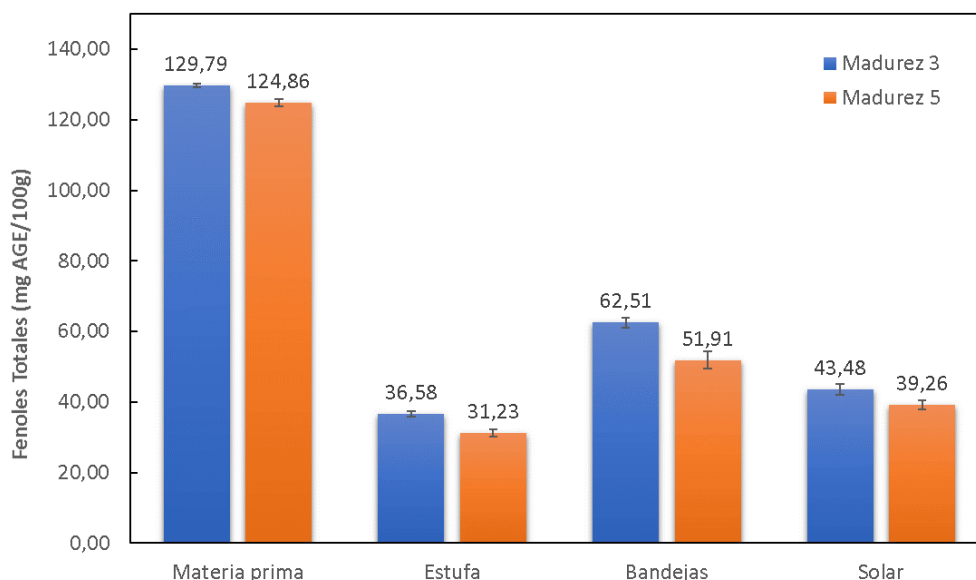
A pesar de que hubo una disminución de los fenoles totales en la tabla 14 se evidencia que existe un incremento de la capacidad antioxidante de la uvilla durante su maduración. Según (Rodarte, Eichholz, Rohn, Kroh, & Huyskens, 2008) esto es debido a que durante la maduración se generan procesos de biosíntesis que generan un incremento en el contenido total de antocianinas, compuestos que también están asociados a la capacidad antioxidante de una fruta, por lo que el incremento de estos compuestos probablemente fue mayor a la disminución de fenoles descrita en este trabajo, generando un incremento global de la actividad antioxidante de la uvilla. Valores similares fueron reportados por (Corrales, Vergara, Rojano, Yahia, & Maldonado, 2015) en la caracterización de uvilla donde consiguieron valores de  $243,6 \pm 9,6$  y  $284,3 \pm 10,8$   $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  para la uvilla verde y madura respectivamente. Así como en los estudios realizados en uvilla por (Restrepo, 2008) y (Botero, 2008) quienes obtuvieron valores de 210,82 y 192,51  $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$  de fruta.

### 4.3 CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES EVALUADAS

Después de realizar el proceso de secado, se procedió con la preparación de muestras para los análisis de humedad, acidez, pH y sólidos solubles totales, seguido de la preparación de los extractos para la cuantificación de fenoles totales y actividad antioxidante.

### 4.4 FENOLES TOTALES EN UVILLA DESHIDRATADA

Después de realizar la cuantificación de fenoles totales siguiendo el procedimiento descrito en el punto 3.7.5.3, los valores de concentración fenólica obtenidos de cada tratamiento se muestran en la tabla 1 Anexo 2. En la figura 18 se observa que la concentración de los compuestos fenólicos disminuye un 50% con la deshidratación en los tres métodos de secado en comparación con el contenido de compuestos fenólicos de la materia prima. Por otro lado, existe un comportamiento constante entre el contenido de fenoles de la madurez 3 con respecto a la madurez 5 y es que, sin importar el método de deshidratación aplicado la madurez 3 siempre presenta mayor contenido de fenoles que la madurez 5.



**Figura 18.** Fenoles totales en uvilla deshidratada

Características similares fueron reportados por (López, y otros, 2013), en la deshidratación de uvilla donde también presentaron una disminución en los compuestos fenólicos durante el secado, lo que se puede atribuir a la unión de poli

fenoles con otros compuestos (proteínas). Al igual que el presente estudio (KWOK, HU, DURANCE, & KITTS, 2004), en el secado de bayas de Saskatoon evidenciaron una menor retención de fenoles totales y antocianinas totales en muestras procesadas, en comparación con muestras sin procesar debido a que estos compuestos son susceptibles al daño por calor, por lo que se pierden durante el proceso de secado.

El análisis de varianza presentado en la tabla 15 evidenció una alta significancia en los tratamientos, factor A (Método de secado), factor B (Estado de madurez) y la interacción A x B, por lo que se rechaza la hipótesis nula debido a que tanto los métodos de secado como los estados de madurez tienen efecto sobre el contenido de fenoles totales de la uvilla deshidratada.

**Tabla 15.** Análisis de varianza. Fenoles totales de la uvilla deshidratada

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F. cal.</b>	
Total	17	1965,33			
Tratamiento	5	1937,34	387,47	166,10	**
Método de secado (A)	2	1699,26	849,63	364,22	**
Estado de madurez (B)	1	203,34	203,34	87,17	**
Método x Madurez (A x B)	2	34,73	17,37	7,45	**
Error. exp.	12	27,99	2,33		

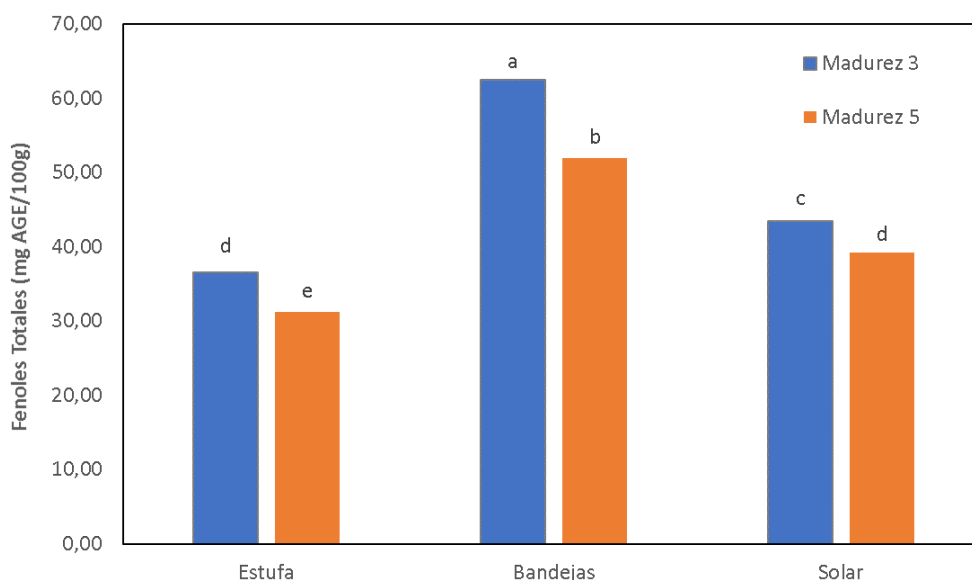
**Nota:** \*\*: Altamente significativo

Al presentar alta significancia se realizó el análisis funcional de Tukey para los tratamientos y DMS para los factores. Mediante la prueba de Tukey como se presenta en la tabla 2 Anexo 2, se pudo diferenciar cinco rangos, permitiendo determinar que el T3 (Secador de bandejas, madurez 3) fue el único tratamiento ubicado en el rango estadístico con mayor contenido de compuestos fenólicos después del proceso térmico. Esto puede deberse a que las muestras de uvilla en el secador de bandejas estuvieron expuestas al calor por cortos periodos de tiempo ya que, el equipo posee control del flujo de aire en comparación con los otros métodos de secado. “Esto significa que, a velocidades de flujo de aire más elevados, la rapidez de secado es mayor” (Sandoval, Rodríguez, Méndez, & Sánchez, 2006).

Las pruebas de significación DMS para el factor A y B presentados en las tablas 3 y 4 Anexo 2, respectivamente, indican (al igual que se observó en la figura 18) que al

utilizar uvilla en estado de madurez tres y el método de secado con el secador de bandejas, se obtiene los contenidos más altos de compuestos fenólicos.

En la figura 19 se puede observar la comparación de los métodos de secado con respecto al contenido de fenoles totales en los dos estados de madurez.



**Figura 19.** Efecto del método de secado y estado de madurez sobre los fenoles totales de la uvilla deshidratada.

Barras con letras iguales no son diferentes, de acuerdo con la comparación de medias DMS

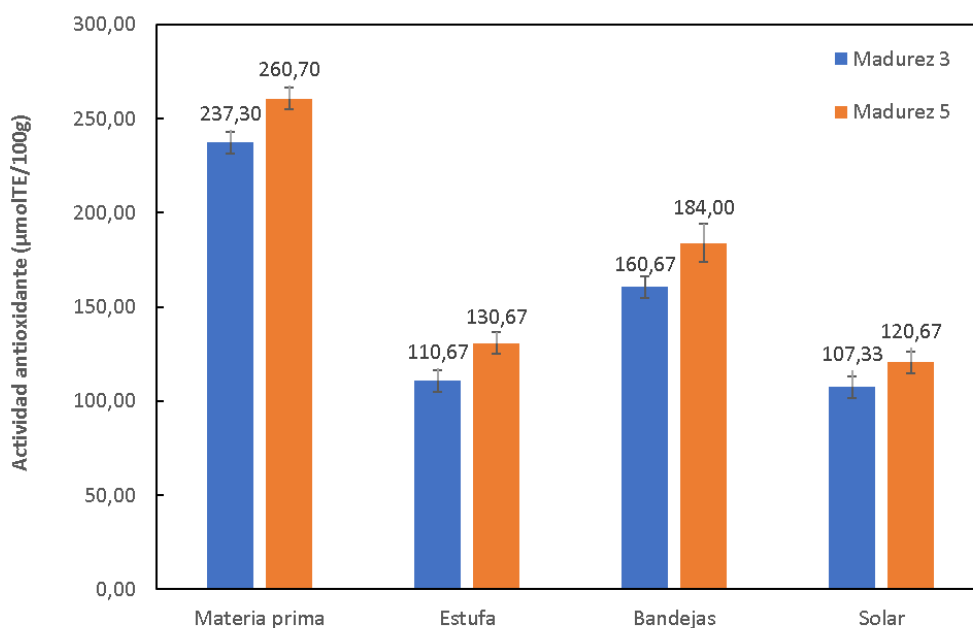
En la figura 19 se puede evidenciar que, la uvilla deshidratada con el secador solar presentó rangos intermedios de contenido de fenoles totales, reflejando que la pérdida de compuestos fenólicos no fue alta en comparación con el método de secado en estufa. Este comportamiento puede deberse a que el secador solar presentó temperaturas moderadas de secado (ambientales) lo que generó un menor estrés térmico en la fruta a pesar de haber durado un período más largo de procesamiento (18 días). Por el contrario, en el secador de estufa se evidenció la mayor pérdida de compuestos fenólicos, esto puede ser debido al tiempo y a la temperatura de secado que, aunque la uvilla tuvo menor tiempo de secado en comparación con el secador solar, la temperatura en el secador de estufa fue mayor, lo que provocó un mayor estrés térmico en la fruta.

En estudios similares para la uvilla deshidratada se encontró que la retención de polifenoles es altamente dependiente de las tasas de deshidratación, exposición a la

radiación solar, temperaturas medias y máximas durante el secado (Bennett, y otros, 2011). Sin embargo, en ambos casos (secador solar y por estufa) la retención de compuestos fenólicos es mucho menor que en el caso del secador por bandejas, ya que las mayores pérdidas de compuestos fenólicos puede deberse a la duración del secado, tiempo en donde se genera oxidación aérea y degradación enzimática de los mencionados compuestos (Valdenegro, y otros, 2013).

#### 4.5 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN UVILLA DESHIDRATADA

La cuantificación de los extractos fue obtenida siguiendo el procedimiento descrito en el punto 3.7.5.4 (los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5 Anexo 2). En la figura 20 se muestra el contenido de actividad antioxidante promedio de la uvilla, el cual disminuye luego de someterse a procesos de secado.



**Figura 20.** Actividad antioxidante en la uvilla deshidratada

Según la figura 20 el mayor contenido de antioxidantes se presentó para las muestras utilizadas en el secador de bandejas, para ambos estados de madurez, esto pudo deberse al reducido tiempo de secado que se alcanzó en este método. El secado en estufa presentó valores intermedios en comparación con el secador solar, lo cual puede



ser debido a que el secador de estufa presentó temperaturas constantes durante el proceso térmico, en cambio en el secador solar al presentar variaciones de temperatura, provocó una mayor pérdida de los compuestos antioxidantes. Según ( Stojanovic & Silva, 2007) en la deshidratación de arándanos afirmaron que, la actividad antioxidante tiene diferentes patrones de comportamiento en respuesta a; temperaturas altas o bajas de secado, presencia de oxígeno y otros factores de procesamiento como movimiento constante del aire y aire con bajo contenido de humedad.

En el análisis de varianza (como muestra la tabla 16) se observó alta significancia en los tratamientos, factor A (Método de secado) y factor B (Estados de madurez), por lo que se rechaza la hipótesis nula debido a que tanto el método de secado como el estado de madurez afectan la actividad antioxidante en la uvilla deshidratada.

**Tabla 16.** Análisis de varianza. Antioxidantes en uvilla deshidratada

Fuente de variación	GL.	S.C.	C.M.	F. cal.	
Total	17	14450,00			
Tratamiento	5	13916,67	2783,33	62,63	**
Método de secado (A)	2	12233,33	6116,67	137,63	**
Estado de madurez (B)	1	1605,56	1605,56	36,13	**
Método x Madurez (A x B)	2	77,78	38,89	0,88	ns
Error. exp.	12	533,33	44,44		

**Nota:** \*\* Altamente significativo, ns. no significativo

Al existir diferencia estadística se realizó el análisis funcional de Tukey para los tratamientos (tabla 6) y DMS para los factores presentados en las tablas 7 y 8 Anexo 2. De acuerdo con la prueba de Tukey se puede diferenciar cuatro rangos permitiendo determinar que el tratamiento T4 (Secador de bandejas, madurez 5), presentó el mayor contenido de actividad antioxidante debido al menor tiempo de secado y al mayor contenido de antioxidantes proporcionado por el estado de madurez de la uvilla fresca.

Las pruebas de significación DMS para el factor A (métodos de secado) presentaron dos rangos donde el secador de bandejas presentó el mayor contenido de compuestos antioxidantes debido a la distribución uniforme del aire en el interior de la cámara de secado, atribuido al flujo de aire presente en el equipo lo que acortó los tiempos de secado comprobándose con el estudio realizado en pimiento rojo donde demuestran

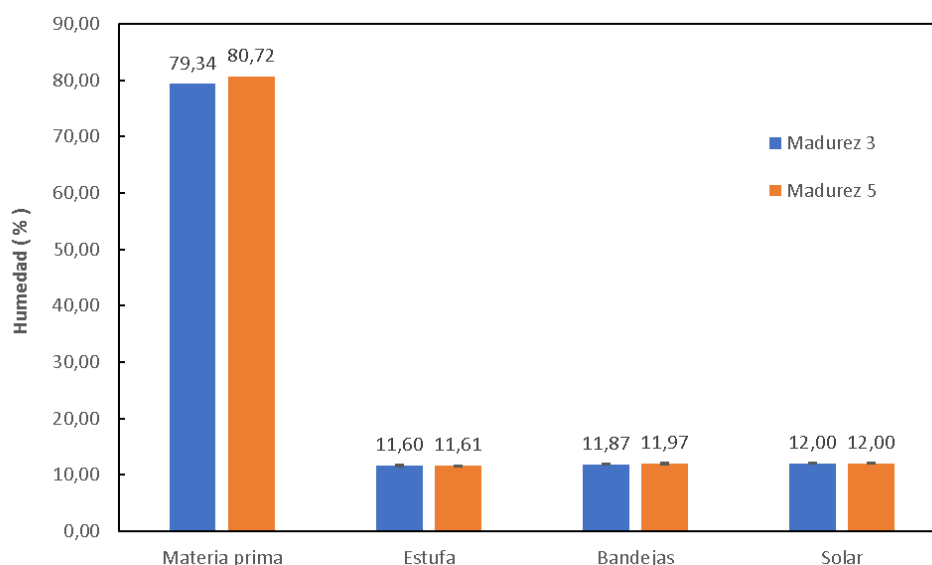
que el secado de corto tiempo es más eficaz en la reducción de la destrucción de la actividad antioxidante, ácido ascórbico y color (Kim, Lee, Park, Lee, & Hwang, 2006).

El secado en estufa y solar presentaron un mismo rango por lo que no presentaron diferencia estadística, esto puede ser debido a que el proceso de secado en los dos métodos fue por largos periodos de tiempo que según (Bahloul, Boudhrioua, Kouhila, & Kechaou, 2009) la actividad antioxidante es influenciada por las condiciones de secado y tiende a disminuir con un mayor tiempo de procesamiento. De la misma manera el factor B (estados de madurez) presentó dos rangos evidenciando que el mayor contenido de compuestos antioxidantes se presenta en el estado de madurez cinco ya que desde la materia prima fue el estado que presentó mayor actividad antioxidante.

#### **4.6 HUMEDAD EN UVILLA DESHIDRATADA**

La humedad es el valor determinante de la estabilidad del producto, debido a que el agua actúa como un solvente para apoyar las reacciones enzimáticas y químicas que influyen en la estabilidad antioxidante, el color, el sabor y valor nutricional (Valdenegro, y otros, 2013). Los resultados de humedad obtenidos se muestran en la tabla 9 Anexo 2.

En la figura 21 se observa que después del proceso de secado se perdió la mayor cantidad de agua contenida en la fruta, disminuyendo de un 80% hasta un 12% en todos los métodos de secado.



**Figura 21.** Humedad de la uvilla deshidratada

La disminución que se observa, según (López, y otros, 2013) se debe a que la humedad del material sólido se evapora primero de la superficie y continuamente disminuye hasta que, el agua se mueve desde el interior del sólido por procesos de difusión, por tanto, la selección de la temperatura de secado no solo toma en cuenta la minimización del tiempo de proceso sino también la calidad del producto final. Destacando que la variación del contenido de humedad entre los métodos de secado podría deberse a los tiempos asignados para medir el peso de las muestras durante el secado, de la misma manera se puede observar que la humedad entre los estados de madures de la uvilla fresca presenta una mínima diferencia la cual no varió después del proceso de secado.

Luego de realizar el análisis de varianza como se muestra en la tabla 26 se determinó diferencias altamente significativas para los tratamientos y el factor A (Métodos de secado) donde se rechaza la hipótesis nula debido a los cambios en la variable humedad. Al existir significancia estadística se realizó la prueba de Tukey para los tratamientos y DMS para los factores.

**Tabla 17.** Análisis de varianza. Humedad de la uvilla deshidratada

Fuente de variación	GL.	S.C.	C.M.	F. cal.	
Total	17	0,78			
Tratamiento	5	0,54	0,11	5,49	**
Método de secado (A)	2	0,53	0,26	13,35	**
Estado de madurez (B)	1	0,01	0,01	0,29	ns
Método x Madurez (A x B)	2	0,01	0,01	0,24	ns
Error. exp.	12	0,24	0,02		

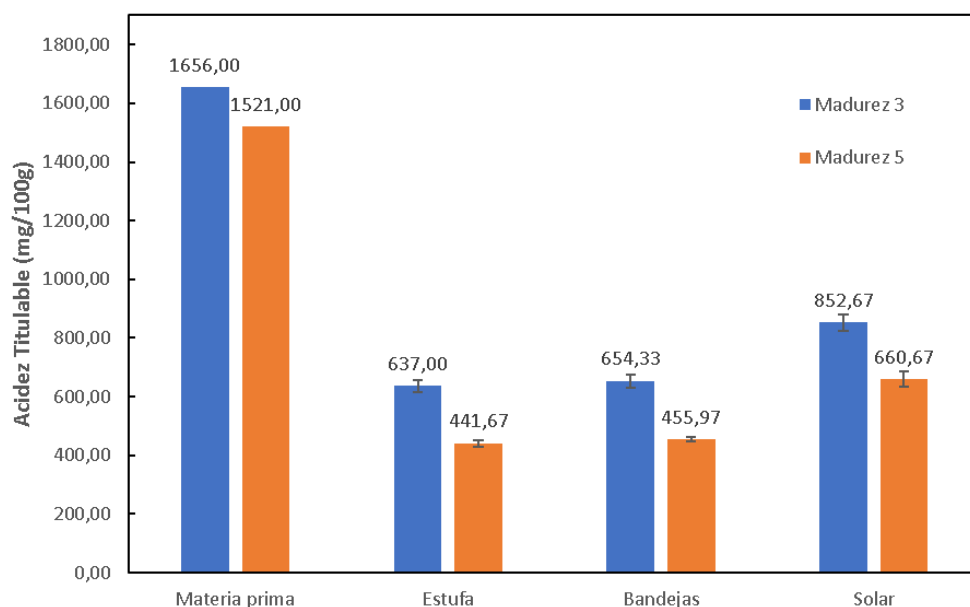
**Nota:** \*\* Altamente significativo; ns: no significativo

Mediante la prueba de Tukey de la tabla 10 Anexo 2, se puede diferenciar que no hay diferencia estadística para el secado en estufa y bandejas en los dos estados de madurez, presentando diferencia estadística en el secador solar al evidenciar el mayor contenido de humedad en comparación con los otros métodos de secado, como se mencionó anteriormente estas variaciones pueden deberse a los periodos de tiempo que fueron usados para medir las pérdidas de humedad en cada tratamiento.

Según la prueba de significación DMS de la tabla 11 Anexo 2, demuestra que el factor A (método de secado) tiene una fuerte influencia en el contenido de humedad, presentando dos rangos donde se evidencia que tanto el secado en bandejas y solar, al presentar los valores más altos de humedad son iguales estadísticamente en comparación con el secador de estufa que presentó el valor más bajo de humedad, estas diferencias pueden ser debido a diferentes factores presentes en los equipos como: tiempo, temperatura y presencia de flujo de aire durante el proceso de secado.

#### 4.7 ACIDEZ EN UVILLA DESHIDRATADA

La acidez en los alimentos es un parámetro de gran importancia ya que nos da a conocer la calidad o alteración del alimento (Juntamay, 2010). Los valores obtenidos de acidez se muestran en la tabla 12 Anexo 2. En la figura 22 se evidencia que la acidez de la uvilla disminuye en los tres métodos de secado en comparación con el contenido de acidez de la materia prima.



**Figura 22.** Acidez de la uvilla deshidratada

Según la figura 22, el secado solar presentó el mayor contenido de acidez para los dos estados de madurez, debido al prolongado tiempo de secado causado por las temperaturas moderadas (ambiente) lo cual probablemente también generó una ligera fermentación de la fruta, provocando una menor disminución de la acidez. El contenido de acidez obtenidos en los secadores de bandejas y estufa para los dos estados de madurez, no presentan altas diferencias debido a que la temperatura (60 °C) fue similar en los dos métodos, lo que redujo los tiempos de secado en comparación con el secador solar. Estudios realizados en uvilla por (CASTRO, RODRÍGUEZ, & VARGAS, 2008) concluyeron que la disminución de la acidez es debido a la relación existente entre el contenido de acidez y el contenido de ácido ascórbico durante el secado y dado que este compuesto es sensible a temperaturas altas tiende a degradarse con facilidad.

El análisis de varianza como se muestra en la tabla 30 demuestra que el factor A (Método de secado) y factor B (Estado de madurez), influyen significativamente en el contenido de acidez, rechazándose la hipótesis nula. Al existir significancia se realizó la prueba de Tukey para los tratamientos y DMS para los factores.

**Tabla 18.** Análisis de varianza. Acidez de la uvilla deshidratada

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F. cal.</b>	
Total	17	352961,77			
Tratamiento	5	347738,49	69547,70	159,78	**
Método de secado (A)	2	176185,82	88092,91	202,39	**
Estado de madurez (B)	1	171522,25	171522,25	394,06	**
Método x Madurez (A x B)	2	30,42	15,21	0,04	ns
Error. exp.	12	5223,27	435,27		

**Nota:** \*\*: Altamente significativo; ns: no significativo

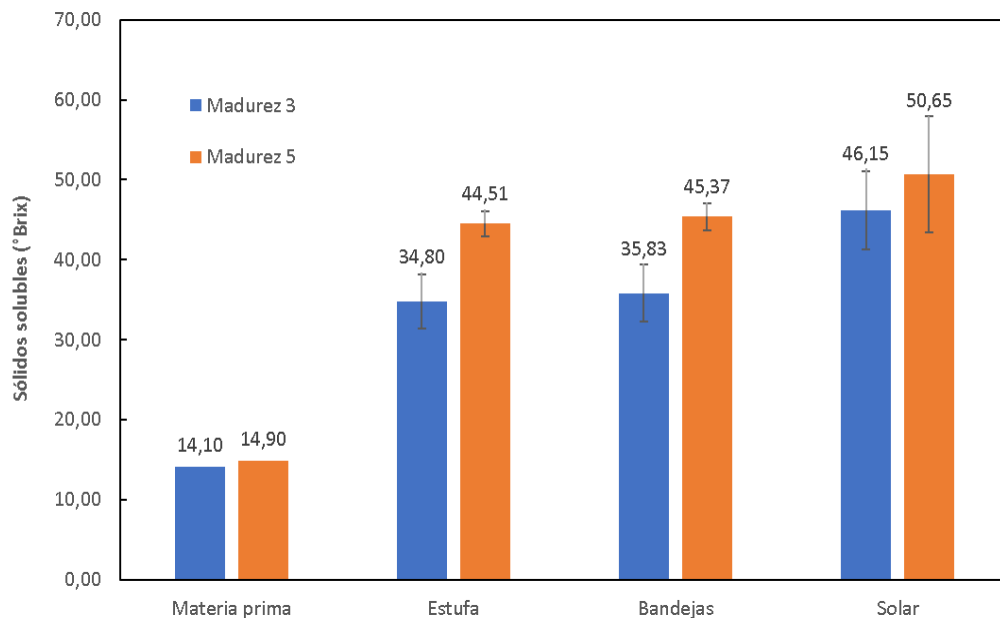
Al realizar la prueba de Tukey presentado en la tabla 13 Anexo 2, muestra tres rangos donde el tratamiento T5 (Secador solar, madurez 3) fue el rango con el mayor contenido de acidez, debido a la ligera fermentación durante el proceso térmico, causadas por las características propias del equipo anteriormente mencionadas, así como al mayor contenido de acidez presente en el estado de madurez tres de la materia prima.

Según la prueba de significación DMS para los factores A (método de secado) Y B (estado de madurez) presentados en las tablas 14 y 15 Anexo 2, respectivamente, demuestran que el secador solar presenta el mayor contenido de acidez al presentar el rango con el valor de media más alto, en comparación con los métodos de secado de bandejas y estufa que presentaron mismo rango, evidenciando que los dos métodos son estadísticamente iguales, esto puede ser debido a los tiempos y temperaturas de secado en cada uno de los métodos. Contrastándose con el estudio de (Ponce & Rodríguez, 2014) en el secado de uvilla donde mencionan que la acidez, disminuye debido al incremento de la temperatura de secado.

#### **4.8 SÓLIDOS SOLUBLES (°BRIX) EN UVILLA DESHIDRATADA**

El contenido de los sólidos solubles diluidos en el jugo de la fruta está compuesto de 80% a 95% por azúcares, aumentándose con la maduración del fruto (Novoa, Bojacá, Galvis, & Fischer, 2006) los resultados obtenidos de sólidos solubles son presentados en la tabla 16 Anexo 2.

En la figura 23 se evidencia que el contenido de sólidos solubles de la uvilla aumenta durante el proceso de secado, presentando un incremento mayor en el secador solar en comparación con los otros métodos de secado.



**Figura 23.** Sólidos solubles de la uvilla deshidratada

Según la figura 23 existe un incremento de sólidos solubles en los tres métodos de secado en comparación con el contenido de sólidos solubles de la materia prima, Presentando el mayor contenido en el secador solar y el estado de madurez cinco debido a que las muestras de uvilla estuvieron expuestas al calor por más tiempo y al mayor contenido de solidos solubles presentes en el estado de madurez cinco de la uvilla fresca. Resultados similares presentaron las muestras deshidratadas en el secador de estufa y bandejas lo cual se le atribuye a que las muestras estuvieron sometidas a procesos térmicos por corto tiempo en comparación con el secador solar, de la misma manera se puede evidenciar que existe un mayor contenido de sólidos solubles en madurez 5 con respecto a madurez 3 después del proceso térmico. Según (Ponce & Rodríguez, 2014) este incremento puede deberse a que la concentración de azúcares totales, reductores y no reductores está basada en la glucosa y la fructosa de la uvilla que, al ser sometido a procesos térmicos, estos azúcares se desdoblan hasta

sus unidades básicas incrementando el contenido de sólidos solubles totales y por ende su disponibilidad.

Al realizar el análisis de varianza como se muestra en la tabla 35 se evidencia diferencias significativas para el factor A (Método de secado) y factor B (Estado de madurez), rechazando la hipótesis nula debido a que cada factor tiene influencia sobre el contenido de sólidos solubles de la uvilla deshidratada. Al existir diferencia significativa se realizó la prueba de Tukey para los tratamientos y DMS para los factores.

**Tabla 19.** Análisis de varianza. Sólidos solubles de la uvilla deshidratada

Fuente de variación	GL.	S.C.	C.M.	F. cal.	
Total	17	795,36			
Tratamiento	5	584,81	116,96	6,67	**
Método de secado (A)	2	276,39	138,20	7,88	**
Estado de madurez (B)	1	282,11	282,11	16,08	**
Método x Madurez (A x B)	2	26,31	13,15	0,75	ns
Error. exp.	12	210,55	17,55		

**Nota:** \*\*: Altamente significativo; ns: no significativo

Según la prueba Tukey como se muestra en la tabla 17 Anexo 2 existen dos rangos donde el tratamiento T6 (Secador solar, madurez 5) presenta el rango con el valor más alto de medias en comparación con los otros tratamientos de secado, lo cual puede ser debido al prolongado tiempo de secado y al contenido mayor de sólidos solubles propio del estado de madurez de la uvilla fresca. Los demás tratamientos al presentar un mismo rango se determinan que son estadísticamente iguales. Según el estudio de (Ávila, Moreno, Fischer, & Miranda, 2006) en uvilla menciona que a medida que el estado de madurez aumenta (pasa de color 3 a color 5) el contenido de los azúcares también se incrementa, y lo mismo sucede con la temperatura de secado, lo que resaltó con la interacción estado de madurez vs. temperatura de secado.

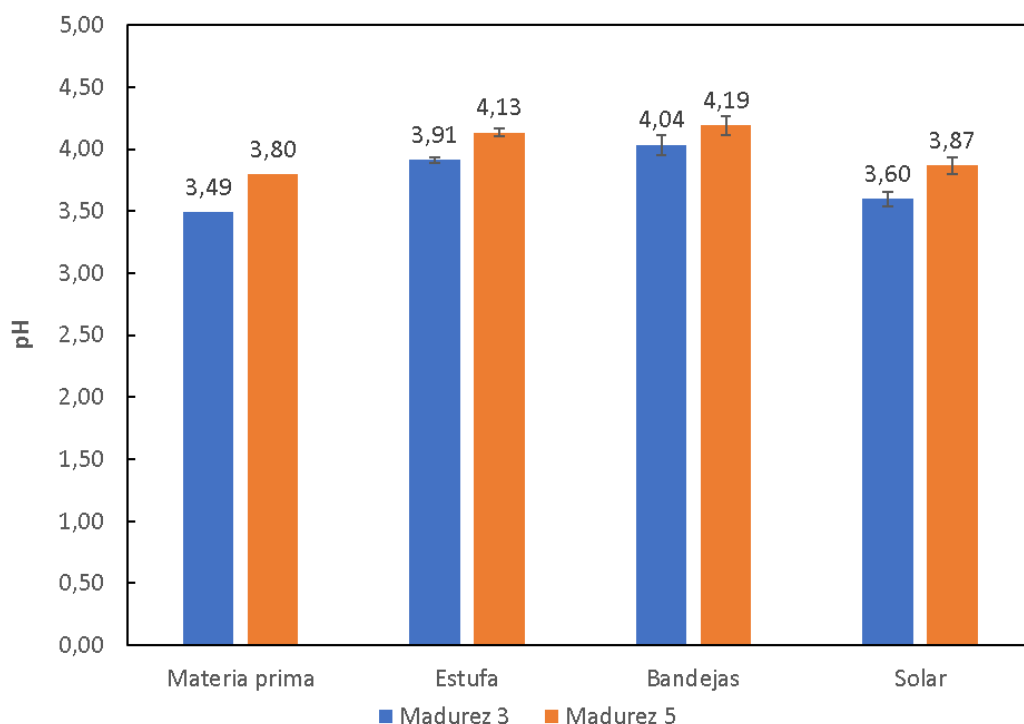
Según la prueba de significancia DMS como se muestra en la tabla 18 y 19 Anexo 2, muestran que el factor A (métodos de secado) presenta dos rangos donde el secado solar muestra el mayor contenido de sólidos solubles, lo cual puede ser atribuido a la variación de la temperatura lo que incrementó el tiempo de secado. Sin embargo, los



secadores de bandejas y estufa al presentar un mismo rango muestran que no hay diferencia estadística, esto puede ser debido a que en el secador de bandejas y estufa no presentaron altas variaciones de temperatura como en el caso del secador solar. Por otro lado, el factor B (estados de madurez) muestra dos rangos que al ser diferentes demuestran que hay diferencia estadística, donde el estado de madurez cinco presenta el mayor contenido de sólidos solubles, lo cual está relacionado con el incremento presentado durante la maduración de la uvilla fresca.

#### 4.9 PH EN UVILLA DESHIDRATADA

El pH es un indicador del estado de los productos ya que tiene influencia en la estabilidad y múltiples procesos de alteración en los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos. Los datos experimentales obtenidos se muestran en la tabla 20 Anexo 2. La figura 24 presenta un ligero incremento del pH en los tres métodos de secado, así como en los dos estados de madurez.



**Figura 24.** pH de la uvilla deshidratada

Según la figura 24 el secado en bandejas tiene el mayor contenido de pH en comparación con los otros métodos de secado, debido a que las muestras en el secador

de bandejas estuvieron expuestas al calor por cortos periodos de tiempo causando un desdoblamiento reducido de los ácidos orgánicos durante el proceso térmico. De la misma manera el incremento intermedio del pH en el secado de estufa fue debido al corto tiempo de secado en comparación con el secado solar lo que resultó en un incremento moderado del contenido de pH. Por otro lado, el contenido de pH en las muestras tratadas en el secador solar presentó el menor contenido de pH en comparación con los otros métodos, posiblemente causado por las temperaturas moderadas (ambientales) durante el proceso térmico, lo que incrementó el tiempo de secado provocando un desdoblamiento mayor de los ácidos orgánicos. Según (Ávila, Moreno, Fischer, & Miranda, 2006) el aumento del pH de la uvilla es debido a que los frutos tornan menos ácidos, posiblemente por el desdoblamiento de los ácidos orgánicos durante el proceso térmico.

El análisis de varianza como se muestra en la tabla 40 muestra diferencias significativas para el factor A (Método de secado) y factor B (Estado de madurez) por lo que se rechaza la hipótesis nula debido a que cada factor afecta la variable pH. Al existir significancia se realizó las pruebas de Tukey para tratamientos y DMS para factores.

**Tabla 20.** Análisis de varianza. pH de la uvilla deshidratada

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL.</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>F. cal.</b>	
Total	17	0,73			
Tratamiento	5	0,69	0,12	37,80	**
Método de secado (A)	2	0,47	0,24	65,02	**
Estado de madurez (B)	1	0,21	0,21	56,28	**
Método x Madurez (A x B)	2	0,01	0,01	1,34	ns
Error. exp.	12	0,04	0,00		

**Nota:** \*\* Altamente significativo; ns: no significativo

La prueba de Tukey realizada (presentada en la tabla 21 Anexo 2) muestra que los tratamientos T4 (Secador de bandejas, madurez 5) y T2 (Secador de estufa, madurez 5) son iguales al presentar un mismo rango, evidenciando el mayor contenido de pH en comparación con los otros tratamientos. Según la prueba de significación DMS para el factor A (métodos de secado) presentado en la tabla 22 Anexo 2, se evidencian tres rangos determinando que cada método de secado es estadísticamente diferente y que

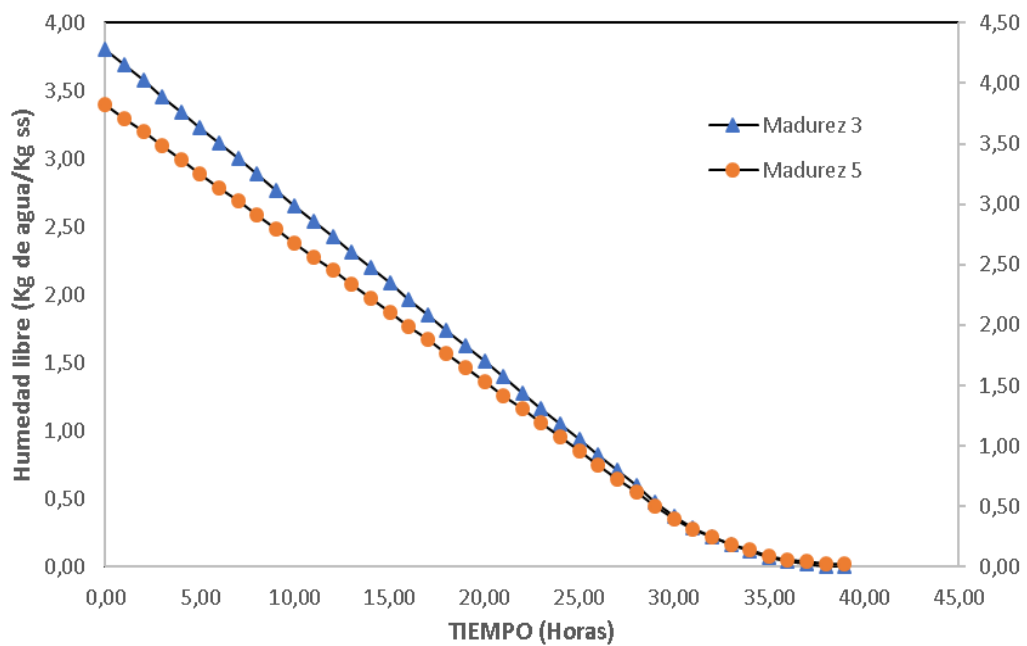
el secado en bandejas influye más en el contenido de pH de la uvilla deshidratada, al presentar el mayor contenido de pH con relación a los demás métodos de secado, este comportamiento puede ser debido a que una fracción de los ácidos se volatilizan y el pH tiende a aumentar (Juntamay, 2010). Por otro lado, el factor B (estados de madurez) presentado en la tabla 23 Anexo 2, muestra dos rangos donde el estado de madurez cinco presenta el valor más alto de medias lo que puede ser atribuido al incremento del pH durante la maduración de la uvilla fresca.

#### **4.10 DESHIDRATACIÓN DE LA UVILLA**

Durante el proceso de deshidratación se pesaron las bandejas con uvillas en intervalos de tiempo de 30min para el secador de bandejas, 1 hora para el secador de estufa y 1 día para el secador solar, hasta peso constante.

#### **4.11 DESHIDRATACIÓN EN SECADOR DE ESTUFA (UVILLA MADUREZ 3 Y 5)**

En la figura 25 se observa la pérdida de la humedad en función del tiempo para los dos estados de madurez. Donde la deshidratación se realizó a la temperatura de 60°C concluyéndose a las 39 horas, presentando pérdidas de humedad constante durante todo el periodo de secado para los dos estados de madurez.



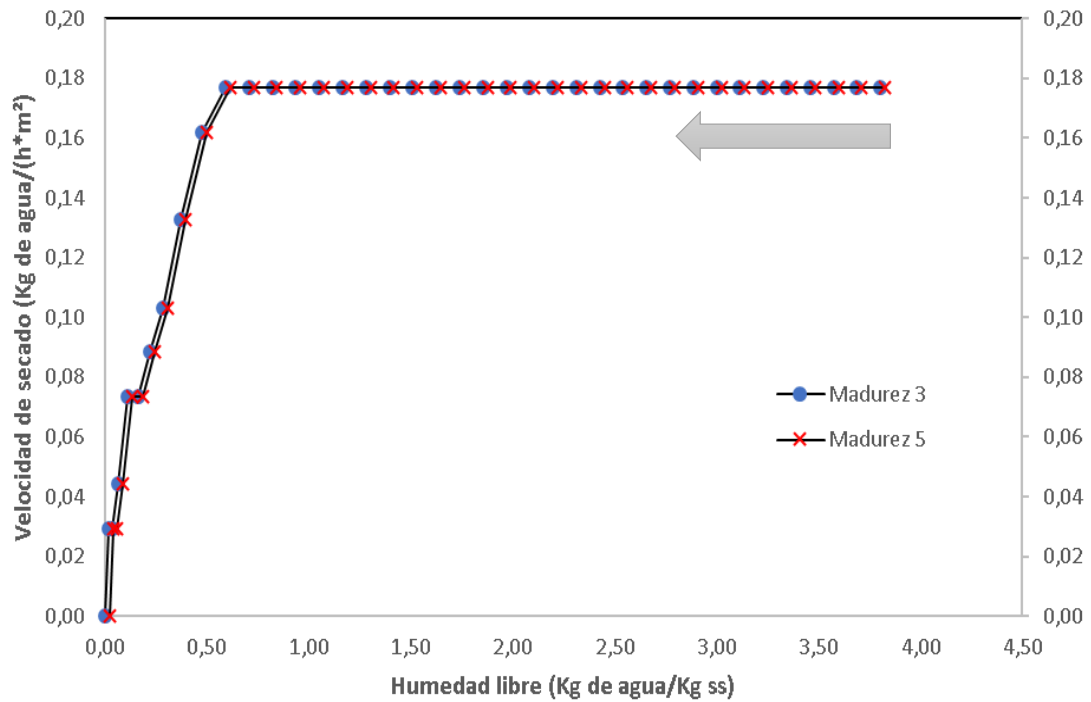
**Figura 25.** Variación del porcentaje de humedad de la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador de estufa

Según la figura 25 la pérdida de humedad en los dos estados de madurez no presentaron diferencias, por ende el secado se dividió en dos fases, pasando por el periodo de velocidad constante hasta las 35 horas donde se presenta una eliminación de agua constante de la superficie de la fruta, para luego disminuir y pasar a la fase de velocidad de secado decreciente presentando una disminución en la velocidad de secado debido a que disminuye la transferencia de agua evitando que se movilice hacia la superficie por capilaridad.

Este comportamiento también se presentó en el estudio del secado en estufa de barbasco donde presentaron una tendencia a un comportamiento ligeramente asintótico al eje que representa el tiempo, a partir de las 36 horas (Torres, Orea, Brito, & Cordero, 2013). En el estudio realizado por (Arslan & Özcan, 2010) en el secado de cebolla determinaron que esto se debe a que el agua absorbe más energía en la superficie del producto inicialmente lo que resulta en un secado más rápido y como la superficie del producto se seca, la penetración del calor a través de la capa seca disminuye lo que retarda las tasas de secado.

En la figura 26 se puede observar la curva de velocidad de secado en función de la humedad libre, donde se hace evidente la ausencia del periodo de inducción en los dos

estados de madurez, siendo la etapa de velocidad constante la que predomina, donde la temperatura de la uvilla ha alcanzado su equilibrio (Torregroza, Montes, Àvila, & Remolina, 2014)

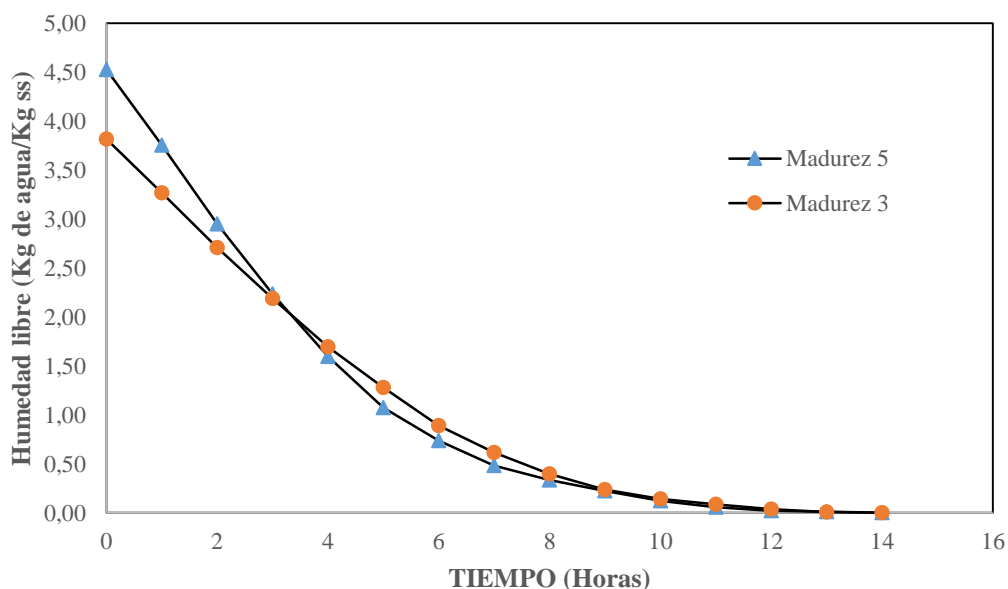


**Figura 26.** Velocidad de secado de la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador de estufa.

Lo que se traduce en una baja o nula velocidad de aire y una alta humedad relativa obstaculizando la transferencia de masa. Provocando un mayor tiempo de permanencia en el interior del horno de secado. (Carranza & Sànchez, 2002)

#### 4.12 DESHIDRATACIÓN EN SECADOR DE BANDEJAS A 60°C (UVILLA MADUREZ 3 Y 5)

En la figura 27 se puede observar que el secado de uvilla en los estados de madurez tres y cinco a la temperatura de 60°C con flujo de aire de 3m/s, finalizó a las 15 horas, donde presentó peso constante.



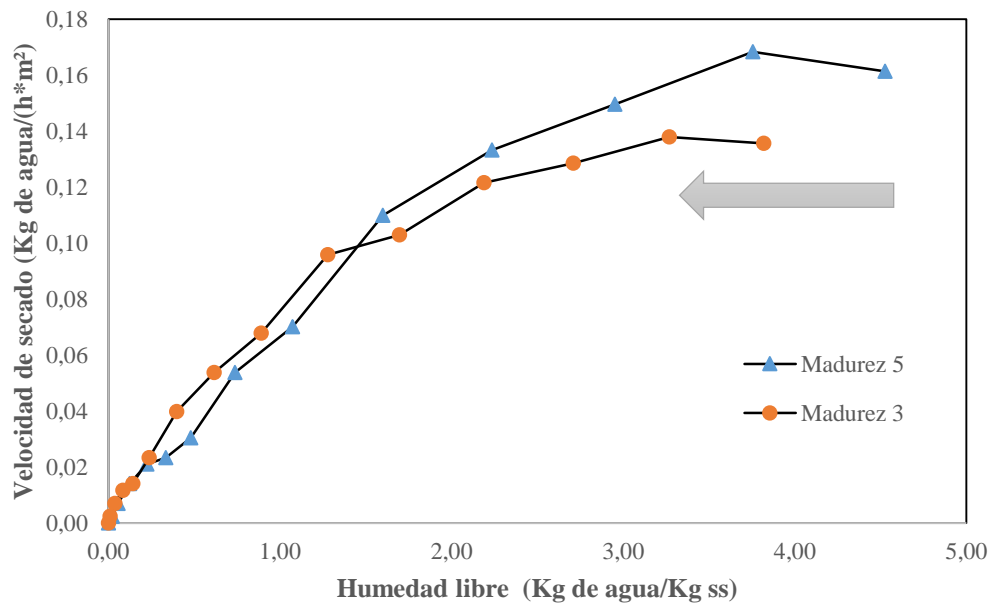
**Figura 27.** Variación del porcentaje de humedad en la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador de bandejas.

A partir de las curvas de secado se puede observar un comportamiento similar para los dos estados de madurez, donde la humedad alcanza su valor constante hasta las 12 horas de secado probablemente por la presencia de flujo de aire en el interior de la cámara de secado, siendo reducida la pérdida de humedad a partir de este momento, al pasar por el periodo de velocidad decreciente hasta llegar a la humedad de equilibrio.

En la investigación de (Arslan & Özcan, 2010) en el secado de cebolla presento un comportamiento similar donde las tasas de secado más altas fueron al comienzo del proceso y se redujo gradualmente hasta el final del secado. Estudios realizados en el secado de tomate presentaron un comportamiento similar donde reportaron que se pierde casi toda la humedad alrededor de las primeras horas, debido a la distribución uniforme del aire caliente dentro del equipo (Monsalve & Machado, 2007).

En la figura 28 se observa tres fases de secado en los dos estados de madurez, donde en la primera fase el calor se transfiere a la fruta y a la humedad interna del producto. Así durante esta etapa la velocidad de secado es parcialmente constante. (Traub, 2002) A partir del periodo donde la velocidad comienza a reducir se conoce como período de velocidad constante. Etapa donde la humedad persiste en la superficie y las tasas de secado son altas (Tesfamichael & Assefa, 2013).

El período de velocidad decreciente inicia cuando la superficie no estaba húmeda es decir la migración de la humedad desde el interior del producto a la superficie exterior se transforma en un factor limitante la cual disminuye progresivamente hasta que la superficie está totalmente seca (Sapel, Taringan, Hwa, Halim, & Soebiantoro, 2017).

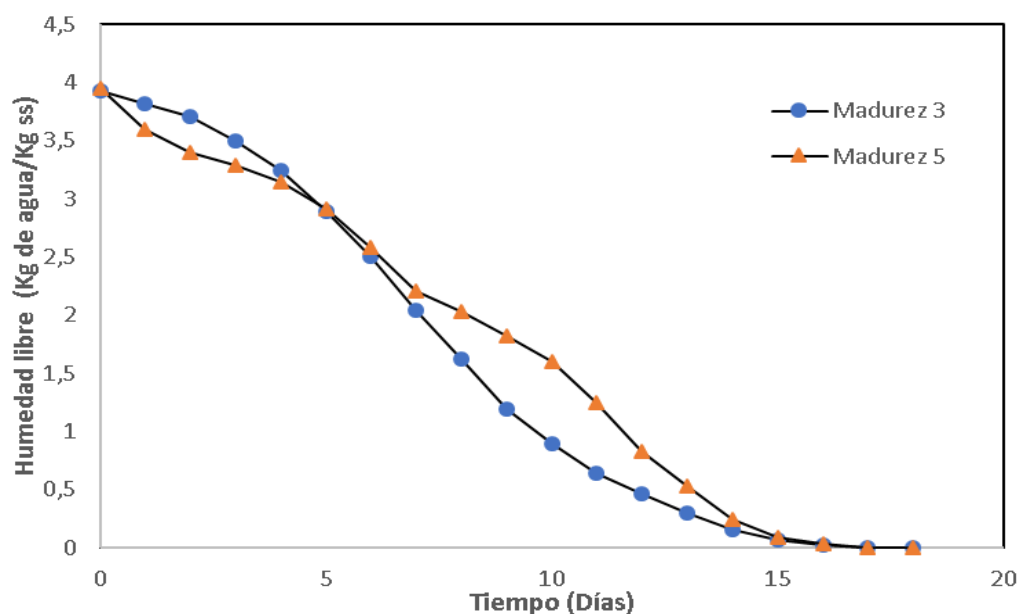


**Figura 28.** Velocidad de secado de la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador de bandejas.

Por otro lado, también se presentó variaciones de velocidad pasando de velocidad decreciente y cortos periodos de velocidad constante durante el proceso de secado, lo cual puede ser atribuido a los tiempos utilizados para medir la pérdida de humedad en las muestras.

#### 4.13 DESHIDRATACIÓN EN SECADOR SOLAR (UVILLA MADUREZ 3 Y 5)

En la figura 29 se puede observar variaciones en las curvas de secado en los dos estados de madurez, finalizando el secado a los 18 días, hasta humedad constante en todas las muestras.



**Figura 29.** Variación del contenido de humedad en la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador solar

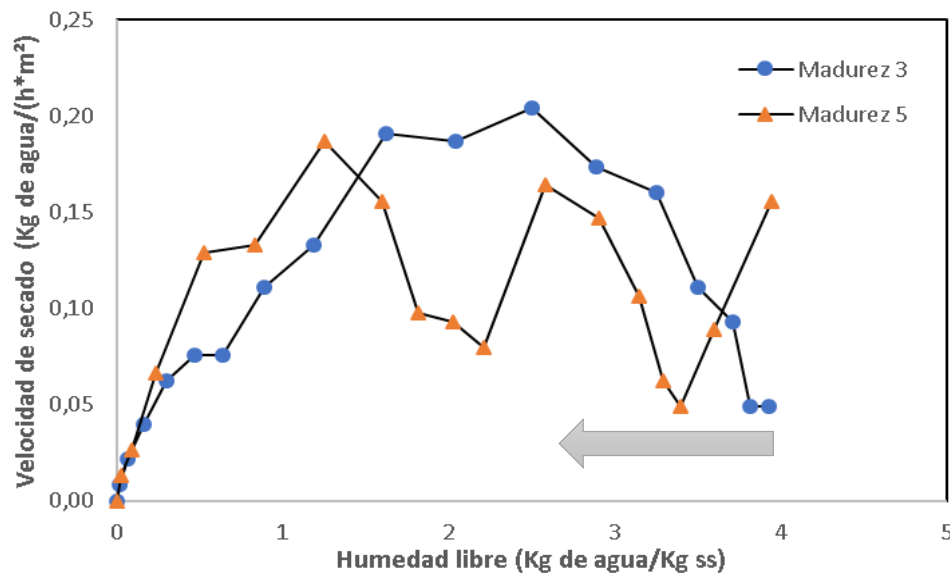
También se puede observar que la pérdida de humedad para el estado de madurez tres, pasó por varios periodos de secado iniciando por el precalentamiento de las muestras para luego presentar un ligero incremento debido a la presencia de nubosidades lo cual pudo haber incrementado la humedad relativa ambiental, seguido del periodo de velocidad decreciente para los dos estados de madurez, donde alcanza humedad contante a los 15 días para posteriormente ir disminuyendo hasta humedad de equilibrio.

Estudios realizados en la deshidratación solar de tomate presentaron un comportamiento similar donde todo el proceso de secado ocurrió en el rango de período decreciente (Arslan & Özcan, 2010). Disminuyendo la velocidad de secado al final del proceso que según (Pontin, Lema, Ritta, Sanmartino, & Ghirardotto, 2005) la



humedad del producto al final del proceso es menor y es más difícil eliminar la humedad remanente del mismo.

En la figura 30 se puede observar altas variaciones en la velocidad de secado entre los dos estados de madurez lo cual puede ser debido a que durante el secado se presentaron variaciones de temperatura (ambiente) causadas por la presencia de ligeras lloviznas y nubosidad, ocasionando aumentos en la humedad relativa del ambiente, presentándose una estabilidad al final del proceso que según (García, Mejía, Mejía, & Valencia, 2012) puede deberse a que al estabilizarse el proceso da origen a velocidades de secado más lentas.



**Figura 30.** Velocidad de secado de la uvilla (madurez 3 y 5) en el secador solar

Estudios realizados en follajes de barbasco presentaron un comportamiento similar donde mencionan que la humedad relativa del ambiente al aumentar favorece la absorción de humedad de la muestra (Torres, Orea, Brito, & Cordero, 2013). De la misma manera en la investigación en tomate por (Arslan & Özcan, 2010) quienes mencionan que el tiempo de secado al sol es más largo debido a la temperatura fluctuante durante el período de secado.

#### **4.14 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UVILLA DESHIDRATADA.**

Los costos fijos y variables involucrados en la producción de uvilla deshidratada en los tres métodos de secado se muestran en la tabla 24, 25 y 26 Anexo 3. El costo de la materia prima y fundas fue fijo para todos los métodos de secado, debido a que la materia prima se adquirió del mismo lugar y en las mismas cantidades de la misma manera las fundas fueron adquiridas por caja de 25 unidades.

##### ***4.14.1.1 Mano de obra directa***

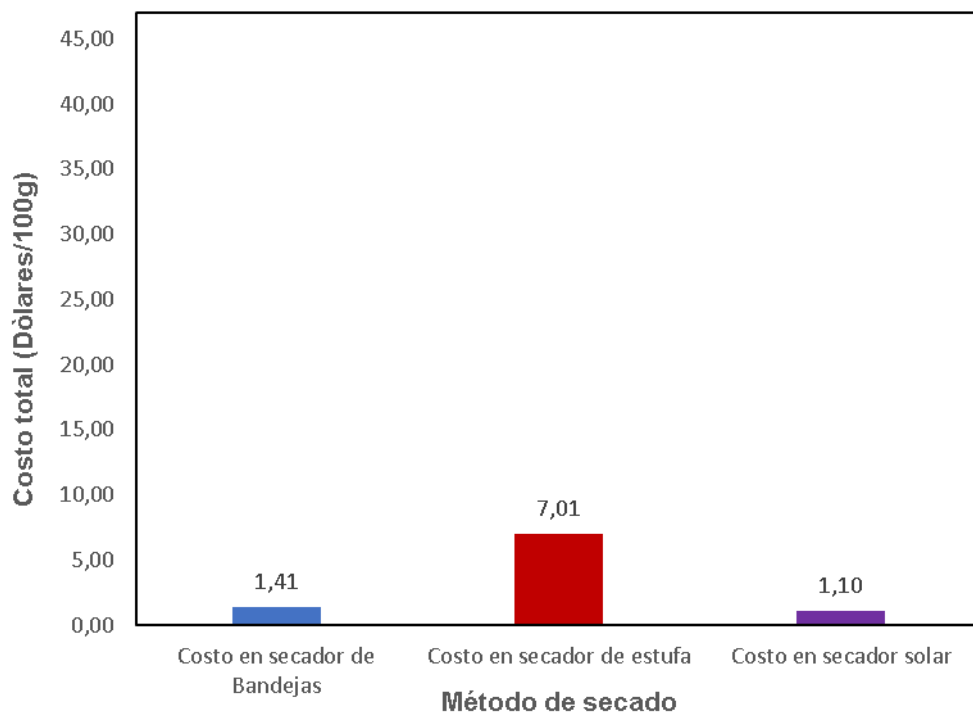
El costo de la mano de obra se realizó en base al número de horas en proceso en cada método de secado las cuales incluyen: clasificación de la materia prima, descapuchonado, lavado, limpieza de la instalación de proceso y verificación del equipo y peso de la uvilla durante la deshidratación. Presentándose una alta variación debido al tiempo de secado en cada equipo.

##### ***4.14.1.2 Servicios básicos:***

El consumo de energía eléctrica durante el proceso de deshidratación se realizó en base a los requerimientos de los equipos como: secador de bandejas 3KW y secador de estufa 1.4 KW. Para el cálculo de consumo de agua se consideró el agua necesaria para el lavado de la materia prima, desinfección, enjuagado, lavado de bandejas del equipo secado y agua para la limpieza de la instalación de proceso.

#### **4.14.2 COMPARACIÓN DE COSTOS**

En la figura 31 se presenta el valor total del costo de producción de la uvilla deshidratada en cada método de secado, los rubros obtenidos se presentan en la tabla 24, 25 y 26 Anexo 3.

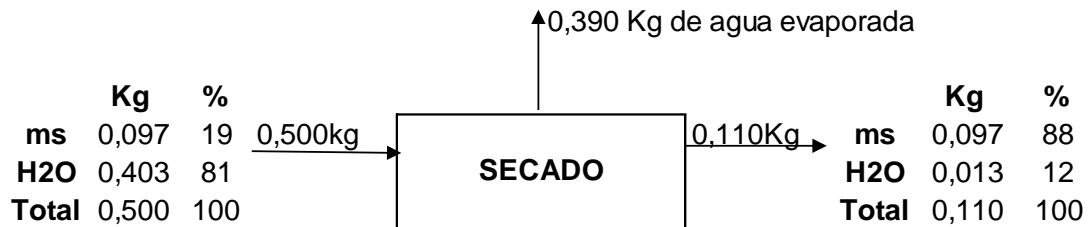


**Figura 31.** Comparación de costos de producción entre métodos de secado

Con la capacidad total de los tres métodos de secado se puede observar que el costo de producción de uvilla deshidratada en el secador de estufa es de 7,01 dólares por cada 100g de uvilla deshidratada, mayor en comparación con los otros métodos, debido a la ausencia de flujo de aire y al elevado consumo de energía eléctrica, frente a esto el costo experimental en el secador de estufa fue de 42,07 dólares por cada 100g de producto obtenido. Por otro lado, con la capacidad total del secador de bandejas el costo de la uvilla deshidratada fue de 1,41 dólares por cada 100g de producto terminado, debido a que el equipo cuenta con flujo de aire lo que redujo el tiempo de secado. Presentando un costo experimental de 40,94 dólares por cada 100g de uvilla deshidratada. Por otra parte, utilizando la capacidad total del secador solar el costo de la uvilla deshidratada fue de 1,10 dólares menor en comparación con los otros métodos de secado, debido a que el equipo no requiere energía eléctrica para su funcionamiento, no obstante, el costo experimental fue de 5,46 dólares por cada 100g de producto terminado.

#### 4.15 BALANCE DE MATERIA

El balance de materia se presenta en la figura 32 donde se realizó en base a los 500 gramos que se usaron en cada tratamiento con un contenido de humedad similar en cada repetición.



**Figura 32.** Balance de materia de uvilla deshidratada

La reducción del peso se basó en la evaporación del agua del interior de la fruta por medio de la evaporación con aire caliente hasta llegar al contenido final del 12% en cada uno de los métodos de secado, donde el contenido final de humedad varió entre el 11,6 y 12% para los tres métodos de secado, causado por el tiempo designado para la toma del peso de las muestras durante todo el proceso de secado.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Finalizada la fase experimental se llegó a las conclusiones siguientes:

- Los análisis fisicoquímicos de la uvilla demostraron que, durante la maduración el contenido de fenoles totales disminuyó significativamente en 5,04 mg AGE/100g y la actividad antioxidante aumentó en 23,47  $\mu$ mol TE/100g, debido a procesos de biosíntesis de compuestos donde incrementó el contenido de antocianinas y beta carotenos y simultáneamente disminuyó el contenido de poli fenoles totales.
- Los tratamientos T3 (Secador de bandejas, madurez 3) y T4 (Secador de bandejas, madurez 5) presentaron una pérdida promedio del (70,6%) de actividad antioxidante. Además, se evidenció una baja degradación de fenoles totales del (48,16%) con respecto a la materia prima, debido a los cortos periodos de tiempo que las muestras estuvieron expuestas al tratamiento térmico.
- El método más eficiente en cuanto a conservación de propiedades funcionales y a costo de producción es el secador de bandejas ya que con la capacidad total del equipo se obtendría 100 gramos de uvilla deshidratada a un costo de 1,41 dólares.
- Se acepta la hipótesis alternativa ya que los métodos de secado y los estados de madurez influyeron en el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante de la uvilla deshidratada.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Finalmente se presentaron las recomendaciones siguientes:

- Para futuras investigaciones se recomienda realizar pretratamientos como por ejemplo el escaldado por vapor que, en estudios realizados en ciruela (características similares a la uvilla) reduce los tiempos de secado y concentra el contenido de poli fenoles, tomando en cuenta la similitud de composición y propiedades fisicoquímicas previo a la deshidratación.
- Realizar el estudio de los factores causantes de la disminución del contenido de fenoles totales y el incremento de actividad antioxidante durante la maduración de la uvilla.
- Utilizar otros métodos de cuantificación de la actividad antioxidante como ABTS u ORAC en los diferentes estados de madurez de la uvilla, así como la utilización de otros solventes de extracción para determinar el mejor método y la mayor extracción de los compuestos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Stojanovic, J., & Silva, J. L. (2007). Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical properties of rabbiteye blueberries. *Food Chemistry*, 101(3), 898-906. doi:10.1016/j.foodchem.2006.02.044
- Altamirano, M. (2010). *Estudio de la cadena productiva de uvilla (Physalis peruviana L.) en la sierra norte del Ecuador*. Tesis pregrado, Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Agricultura, Alimentos y Nutrición, Quito. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/950/1/95220.pdf>
- Araya-Farias, M., & Ratti, C. (2009). Dehydration of foods: General Concepts. En *Advances in Food Dehydration* (págs. 2-32). New York: Taylor and Francis Group.
- Arslan, D., & Özcan, M. M. (2010). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT - Food Science and Technology*, 43(7), 1121-1127. doi:doi:10.1016/j.lwt.2010.02.019
- Ávila, J., Moreno , P., Fischer, G., & Miranda, D. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Acta agronómica*, 55(4), 29-38. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v24n1/v24n1a10.pdf>
- Ávila, J., Moreno, P., Fischer, G., & Miranda, D. (2006). Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* l.), almacenada a 18°C. *Acta Agronómica*, 55(4), 29-38. Obtenido de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/477/928](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/477/928)
- Bahloul, N., Boudhrioua, N., Kouhila, M., & Kechaou, N. (2009). Effect of convective solar drying on colour, total phenols and radical scavenging activity of olive leaves (*Olea europaea* L.). *International Journal of Food*

*Science and Technology*, 44(12), 2561–2567. doi:10.1111/j.1365-2621.2009.02084.x

- Balaguera, H. E., Ramírez, L. V., & Arévalo, A. H. (2014). *Physalis peruviana* L.: FRUTA ANDINA PARA EL MUNDO. Capítulo: Fisiología y bioquímica del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante la maduración y poscosecha. *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*, 120-121. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de [https://issuu.com/nisanga/docs/physalis\\_peruviana\\_l.fruta\\_andina\\_p](https://issuu.com/nisanga/docs/physalis_peruviana_l.fruta_andina_p)
- Benavides, P., & Cuasqui, L. (2008). *ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE LA UVILLA (Physalis Peruviana L.) SIN CAPUCHÓN*". Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte, ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL, Ibarra.
- Bennett, L. E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmanarajan, S., & Clingeleffer, P. R. (2011). Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *J O U R N A L O F F U N C T I O N A L F O O D S*, 3(2), 115-124. doi:10.1016/j.jff.2011.03.005
- Berk, Z. (2009). *Food Process Engineering and Technology first edition*. Elsevier. Recuperado el 5 de Diciembre de 2017
- Berk, Z. (2013). *Food Process Engineering Second Edition*. United States of America: Elsevier.
- Botero, A. (2008). *Aplicación de la Ingeniería de Matrices en el desarrollo de la uchuva mínimamente procesada fortificada con calcio y vitaminas C y E*. Tesis de Maestría en Ciencias Farmacéuticas énfasis en alimentos, Universidad de Antioquía, Facultad de química farmacéutica, Medellín.
- Bravo , K., Navas, A., & Osorio, E. (2014). *Physalis peruviana* L.: FRUTA ANDINA PARA EL MUNDO. Capítulo: Propiedades antioxidantes de la uchuva (*Physalis peruviana* L.): efecto del desarrollo y maduración. *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*,



- 182-201. Obtenido de [https://issuu.com/nisanga/docs/physalis\\_peruviana\\_l.fruta\\_andina\\_p](https://issuu.com/nisanga/docs/physalis_peruviana_l.fruta_andina_p)
- Bravo, K., Navas, A., & Osorio, E. (2014). *Physalis peruviana* L.: FRUTA ANDINA PARA EL MUNDO. Capítulo: Fisiología y bioquímica del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante la maduración y poscosecha. *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*, 182-201. Obtenido de [https://issuu.com/nisanga/docs/physalis\\_peruviana\\_l.fruta\\_andina\\_p](https://issuu.com/nisanga/docs/physalis_peruviana_l.fruta_andina_p)
- Brito, D. (2002). Agroexportación de productos no tradicionales. *Producción de uvilla para la exportación*, 10-11. Recuperado el 15 de Septiembre de 2017, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/12420>
- Bucheli, V., Gonzáles, A. S., Aguilar, D. R., Ayala, O. M., Castro, J. P., & Cobos, M. G. (2014). *ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE UVILLA (Physalis peruviana) EN EL ECUADOR A ESCALA 1:250.000 RESUMEN EJECUTIVO*. MAGAP, Quito. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/zae/uvilla.pdf>
- Cáez, H. M. (2011). Contenido de polifenoles, carotenos y capacidad antioxidante en frutos de uchuva (*Physalis Peruviana*) en relación a su estado de maduración. *RECITEIA*, (11).
- Carrillo, E., Estévez, Á. A., & Alvarez, J. M. (2015). Andean berries from Ecuador: A review on Botany, Agronomy, Chemistry and Health Potential. *Journal of Berry Research*, 5(2), 49-69. doi:DOI: 10.3233/JBR-140093
- CASTRO, A., RODRÍGUEZ, L., & VARGAS, E. M. (2008). SECADO DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) POR AIRE CALIENTE CON PRETRATAMIENTO DE OSMODESHIDRATACIÓN. *VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA*, 15(2), 226 - 231. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v15n2/v15n2a04.pdf>
- Ceballos, E. J. (2012). Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 6(1), 98 - 110.

Recuperado el 29 de Noviembre de 2017, de [http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6\(1\)-Ceballos-Ortiz-et-al-2012.pdf](http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6(1)-Ceballos-Ortiz-et-al-2012.pdf)

Cerón, E., & Gerrero, O. (2015). *Diseño y construcción de una secadora hibrida de alimentos en hojuelas para peces de acuario, que opere con energía solar y eléctrica (Tesis pregrado)*. Universidad Politécnica Nacional, Quito.

Chancosi, D. (2017). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA TEMPERATURA DEL ALMACENAMIENTO SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO Y PROPIEDADES NUTRACÉUTICAS DE LA UVILLA Physalis peruviana L CON CÁLIZ.(tesis pregrado)*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES, Ibarra.

Corrales, A., Vergara, A., Rojano, B., Yahia, E., & Maldonado, M. (2015). Características nutricionales y antioxidantes de la uchuva colombiana (*Physalis peruviana* L.) en tres estados de maduración. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(4). Obtenido de <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/4/art-6/>

Correia, A. F., Loro, A. C., Zanatta, S., Spoto, M. H., & Vieira, T. M. (2015). Effect of Temperature, Time, and Material Thickness on the Dehydration Process of Tomato. *International Journal of Food Science*, 1-7. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1155/2015/970724>

Duque, A., Giraldo, G., & Quintero, V. (2011). CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA, PULPA Y CONCENTRADO DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.). *Revista Temas Agrarios*, 16(1), 76-83. doi:<https://doi.org/10.21897/rta.v16i1.686>

Engineering ToolBox. (s.f.). *The Engineering ToolBox*. Obtenido de [https://www.engineeringtoolbox.com/dry-wet-bulb-dew-point-air-d\\_682.html](https://www.engineeringtoolbox.com/dry-wet-bulb-dew-point-air-d_682.html)

Fernández, C. F. (2002). Funciones de la vitamina E. Actualización. *Rev Cubana Estomatol*, 39(1), 28 - 32.

- Fischer, G. A. (2014). Importância e cultivo do (Physalis peruviana L.) no mundo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 01-15 . Recuperado el 26 de Septiembre de 2017, de <https://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>
- Fischer, G., & Martínez, O. (1999). Calidad y madurez de la uchuva (Physalis peruviana L.) en relación con la coloracion del fruto. *Agronomía Colombiana*, 35 - 39.
- Fischer, G., & Melgarejo, L. M. (2013). Capitulo:Ecofisiología de la uchuva (Physalis peruviana L.). *Physalis peruviana: fruta andina para el mundo*, 29-39. Recuperado el 15 de Septiembre de 2017
- Fischer, G., & Miranda, D. (2012). Uchuva (Physalis peruviana L.). En F. Gerhard, & G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el tropico* (págs. 851-873). Bogotá, Colombia: Produmedios. Recuperado el 15 de Septiembre de 2017
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). *Revista Brasileña de Fruticultura*, 01-15.
- Fischer, G., Miranda, D., Piedrahíta, W., & Romero, J. (2005). Cosecha y poscosecha de la uchuva. *Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva Physalis peruviana L. en Colombia*, 165-190. Recuperado el 25 de Septiembre de 2017, de <https://www.researchgate.net>
- Fisher, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (Physalis peruviana L.). *Revista Brasileña de Fruticultura*, 36(1), 01-15. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>
- Fito, P. G. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. España: Universitat Politècnica de València.
- Fito, P., Andrés, A., Barat, J., & Albors, A. (2001). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. España: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA. Recuperado el 29 de Noviembre de 2017, de

<https://es.scribd.com/document/357041661/introduccion-al-secado-de-alimentos-por-aire-caliente-pdf>

Frankel, E. (2012). *Antioxidants in food and biology: Facts and Fiction*. California, USA: Woodhead Publishing Limited.

García, E. F. (2015). *Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu*. València: ETSIAMN. Universitat Politècnica de València.

García, L. E., Mejía, M. F., Mejía, D. J., & Valencia, C. A. (2012). Diseño y construcción de un deshidratador solar de frutos tropicales. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 9(2), 9-19. Obtenido de [http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/Avances\\_9-2/r9-2\\_art1.pdf](http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/Avances_9-2/r9-2_art1.pdf)

García, M., Peña, A., & Brito, B. (2014). Physalis peruviana L.:FRUTA ANDINA PARA EL MUNDO. Capítulo: Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo poscosecha de la uchuva (Physalis peruviana L.). *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo*, 80-108. Obtenido de [https://issuu.com/nisanga/docs/physalis\\_peruviana\\_l.fruta\\_andina\\_p](https://issuu.com/nisanga/docs/physalis_peruviana_l.fruta_andina_p)

Gaviria, C., Ochoa, C., Sánchez, N., Medina, C., Lobo, M., Galeano, P., . . . Rojano, B. (2009). Actividad antioxidante e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (Vaccinium meridionale SW). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 519-528. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017, de <http://www.redalyc.org/comocitar.oe?id=85617461007>

Gaware, T. J., Sutar, N., & Thorat, B. N. (2010). Drying of Tomato Using Different Methods: Comparison of Dehydration and Rehydration Kinetics. *Drying Technology*, 28(5), 651–658. doi:10.1080/07373931003788759

Geankoplis, C. (2006). *Proceso de transporte y principios de procesos de separación* (Cuarta ed.). México: Patria.

GEO, T. (06 de 01 de 2015). *Blog sobre la Gestión e Investigación de Operaciones con tutoriales y ejercicios resueltos*. Obtenido de Gestión de Operaciones:

<https://www.gestiondeoperaciones.net/procesos/estimacion-del-costode-produccion-de-un-producto-bajo-control-de-calidad/>

- Georgé, S. B. (2005). Rapid Determination of Polyphenols and Vitamin C in Plant-Derived Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1370-1373.
- Gruz, J., Ahmet, F., Torun, H., & Strnad, M. (2011). Phenolic acid content and radical scavenging activity of extracts from medlar (*Mespilus germanica* L.) fruit at different stages of ripening. *Food Chemistry*, 124(1), 271-277. doi:10.1016/j.foodchem.2010.06.030
- Gutiérrez, D., Ortiz, C., & Mendoza, A. (2008). Medición de fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación animal. *Memorias del Simposio de Metrología. Universidad Autónoma de Querétaro. Centro Nacional Querétaro*, 1-5. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017, de [https://www.cenam.mx/simposio2008/sm\\_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf](https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf)
- Gutiérrez, D., Ortiz, C., & Mendoza, A. (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal. *Memorias del Simposio de Metrología, Universidad Autónoma de Querétaro*, 1-5. Recuperado el 29 de Noviembre de 2017, de [http://cenam.mx/simposio2008/sm\\_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf](http://cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf)
- Helen, G. C. (2011). CONTENIDO DE POLIFENOLES, CAROTENOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTES EN FRUTOS DE UCHUVA (*Physalis Peruviana*) EN RELACIÓN A SU ESTADO DE MADURACIÓN. *ReCiTeIA, 11(n1b)*, 104 - 115.
- INIAP., y. F. (2008). *Uvilla (Physalis peruviana L.)*. Obtenido de [http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/UVILLA%20Caracter%20C3%ADsticas%20f%C3%ADsticas%20y%20nutricionales%20de%20la%20fruta%20importantes%20en%20la%20investigaci%C3%B3n%20y%20e\\_.pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/UVILLA%20Caracter%20C3%ADsticas%20f%C3%ADsticas%20y%20nutricionales%20de%20la%20fruta%20importantes%20en%20la%20investigaci%C3%B3n%20y%20e_.pdf) (Noviembre de 2016)

- Jiménez, A. M., Sánchez, M., & Martínez, M. M. (2012). OPTIMIZACIÓN DEL MÉTODO CAPTACIÓN DEL RADICAL 2,2-DIFENIL-1-PICRILHIDRAZIOLO (DPPH) PARA EVALUAR ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN BEBIDA DE CAFÉ. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 28, 67-78. doi:<http://dx.doi.org/10.6018/j/188731>
- Juntamay, E. (2010). *Evaluación nutricional de la uvilla (Physalis peruviana L.) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas*. Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de bioquímica y farmacia, Riobamba.
- Jurado, B., Aparcana, I., Villarreal, L., Ramos , E., Calixto, M., Hurtado, P., & Acosta, K. (2016). Evaluación del contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana L.*) de diferentes lugares del Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú* , 82(3), 272-279. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n3/a03v82n3.pdf>
- Kader, A. (2011). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. UCANR Publications.
- Kim, S., Lee, K., Park, J., Lee, H., & Hwang, I. (2006). Effect of drying in antioxidant activity and changes of ascorbic acid and colour by different drying and storage in Korean red pepper (*Capsicum annuum*, L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 90-95. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01349.x
- Kuskoski, E., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25(4), 726-732. Recuperado el 29 de Noviembre de 2017, de <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000400016>
- KWOK, B. H., HU, C., DURANCE, T., & KITTS, D. D. (2004). Dehydration Techniques Affect Phytochemical Contents and Free Radical Scavenging

- Activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of Food Science*, 69(3), 122-126. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.tb13381.x
- Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. *Grupo de investigación en ingeniería de alimentos GRIAL*, 130 - 162. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10567/133>
- Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. *Grupo de investigación en ingeniería de alimentos GRIAL*, 130 - 162. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017, de <http://hdl.handle.net/10567/133>
- López, J., Vega, A., Torres, M., Lemus, R., Quispe, I., & Di, K. (2013). Effect of dehydration temperature on physico-chemical properties and antioxidant capacidad de goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *CHILEAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH*, 73(3), 293-300. doi:doi:10.4067/S0718-58392013000300013
- Luchese, C. L., Gurak, P. D., & Ferreira, L. D. (2015). Osmotic dehydration of physalis (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of water loss and sucrose incorporation and the quantification of carotenoids. *LWT - Food Science and Technology*, 63(2), 1 - 9. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.060>
- Maldonado, s. S. (2008). Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Ciênc. Tecnol. Aliment. vol.28 no.1* , 01-06.
- Mazorra, M., Quintana, Á., Miranda, D., Fischer, G., & Chávez, B. (2003). Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana*, 21(3), 175 - 189. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/1803/180317974007.pdf>
- Mier, H., & Cáez, G. (2011). Contenido de polifenoles, carotenos y capacidad antioxidante en frutos de uchuva (*Physalis Peruviana*) en relación a su estado de maduración. *ReCiTeIA*, 11(1b), 103-115.

- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 26(2), 211-219. Recuperado el 29 de Noviembre de 2017, de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44205041/07-DPPH\\_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1511991335&Signature=V0SLLTgxWw78vYLj2b16%2BIJ6bvc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DThe\\_use\\_of\\_the\\_stable\\_free\\_radical](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44205041/07-DPPH_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1511991335&Signature=V0SLLTgxWw78vYLj2b16%2BIJ6bvc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DThe_use_of_the_stable_free_radical)
- Monsalve, J., & Machado, M. (2007). Evaluación de dos métodos de deshidratación del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) variedad manzano. *MULTICIENCIAS*, 7(3), 256 - 265. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/904/90470303/>
- Muñoz Juárez M. A., D. G. (2008). *Determinación de actividad antioxidante de diversas partes del árbol Nicotiana Glauca*. Querétaro: Facultad de química, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Narváez, C., Mateus, Á., & Restrepo, L. (2014). Antioxidant capacity and total phenolic content of air-dried cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) at different ripeness stages. *Agronomía Colombia*, 32(2), 232-237. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n2.43731>
- Novoa, R. H., Bojacá, M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 77-86. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v24n1/v24n1a10.pdf>
- Pan, Z., Venkitasamy, C., & Li, X. (2016). *Infrared Processing of Foods*. Elsevier, 1 - 12.
- Peñafiel, Y. (2017). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL MÉTODO QUÍMICO (ERITORBATO DE SODIO), FÍSICO (ESCALDADO) Y EL PROCESO DE SECADO SOBRE EL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO Y NO*



*ENZIMÁTICO DE ORITOS Musa acuminata AA REBANADOS (Tesis pregrado)*. Tesis pregrado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales, Ibarra.

Pokorny, J., Yanishlieva, N., & Gordon, M. (2001). *Antioxidants in food*. Cambridge: CRC.

Ponce, A., & Rodríguez, F. (2014). *EVALUACIÓN DEL EFECTO DE SECADO EN LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL AGUAYMANTO (Physalis peruviana L.)*. Tesis pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL, Tarma.

Pontin, M., Lema, A., Ritta, R., Sanmartino, A., & Ghirardotto, M. (2005). SECADERO SOLAR PARA FRUTAS: ESTUDIO DE CASO. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 43-48. Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2005/2005-t002-a008.pdf>

Puente, L. A., Pinto-Muñoz, C. A., Castro, E. S., & Cortés, M. (2011). Physalis peruviana Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1733-1740. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.034>

Puente, L., Pinto, C., Castro, E., & Cortés, M. (2011). Physalis peruviana Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. *Food Research International*, 44(7), 1733-1740. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.034>

Quiroz, B. (2015). *Deshidratación de residuos sólidos orgánicos domésticos por el proceso de liofilización y por secado en estufa y su caracterización bromatológica como una alternativa para la gestión y aprovechamiento de estos*. (Tesis de pregrado), Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/49324>

- Ramadan, M. F., & Moersel, J. T. (2007). Impact of enzymatic treatment on chemical composition, physicochemical properties and radical scavenging activity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(3), 452-460. doi:DOI: 10.1002/jsfa.2728
- Ratti, C. (2008). *Advances in Food Dehydration*. Boca Ratón: CRC Press.
- Restrepo, A. (2008). *Nuevas perspectivas de consumo de frutas: Uchuva (Physalis peruviana L.) y Fresa (Fragaria vesca L.) mínimamente procesadas fortificadas con vitamina E*. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín.
- Restrepo, A., Cortés, M., & Márquez, C. (2009). Uchuvas (*Physalis peruviana* L.) mínimamente procesada fortificadas con vitamina E. *Vitae, revista de la facultad de química farmacéutica*, 16(1), 19-30. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v16n1/v16n1a03.pdf>
- Roa, G., & Ortega, D. (2011). *Diseño y Construcción de un Secador Solar por Convección de Aire Caliente Automatizado de Pequeña Escala, para el Secado de café para la Universidad Nacional de Loja*. (Tesis de pregrado), UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, Loja. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12368/1/Ortega%20Torres%2C%20Diego%20Bladimir%2C%20Roa%20Mar%C3%ADn%2C%20Germ%C3%A1n%20Leonardo.pdf>
- Rockenbach, I., Rodrigues, E., Cataneo, C., Gonzaga, L., Lima, A., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2008). ÁCIDOS FÉNOLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM FRUTO DE *PHYSALIS PERUVIANA* L. *Alim. Nutr., Araraquara*, 19(3), 271-276. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017, de <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/630/528>
- Rodarte, A., Eichholz, I., Rohn, S., Kroh, L., & Huyskens, S. (2008). Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium*

- corymbosum L.) during fruit maturation and ripening. *Food Chemistry*, 109(3), 564-572. doi:doi:10.1016/j.foodchem.2008.01.007
- Rodríguez, S. L., & Rodríguez, E. M. (2007). Efecto de la ingesta de *Physalis peruviana* (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. *Revista Médica Vallejania*, 4(1), 43-53. Obtenido de <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38714766/aguaymanto.pdf>
- Sánchez, E. (1991). *Flora agrícola - Tomo I Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Madrid, España.
- Sandoval, S., Rodríguez, J., Méndez, L., & Sánchez, J. (2006). RAPIDEZ DE SECADO REDUCIDA: UNA APLICACIÓN AL SECADO CONVECTIVO DE PLATANO Roatán. *REVISTA MEXICANA DE INGENIERÍA QUÍMICA*, 5(1), 35-38. Obtenido de <http://www.redalyc.org/html/620/62009907/>
- Sapel, L., Taringan, E., Hwa, L., Halim, V., & Soebiantoro, A. (2017). Drying Kinetics of *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. *NRLS Conference Proceedings, International Conference on Natural Resources and Life Sciences, KnE Life Sciences*, 110-117. doi:10.18502/cls.v3i5.983
- Shahidi, F. (2015). *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*. United Kingdom: Woodhead Publishig.
- Shahidi, F., & HO, C.-T. (2007). Antioxidant Measurement and Applications: An Overview. *ACS Symposium Series*, 956, 2-7. doi:10.1021/bk-2007-0956.ch001
- Singh, P. H. (2009). *Introducción a la ingeniería de los alimentos Segunda edición*. Zaragoza , España: Acribia S.A.
- Tacanga, W. A. (2015). *Caracterisitcas y propiedades funcionales de Physalis peruviana "aguaymanto"*. (Tesis de pregrado), Universidad de Trujillo, Trujillo. Recuperado el 26 de Septiembre de 2017, de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4307>

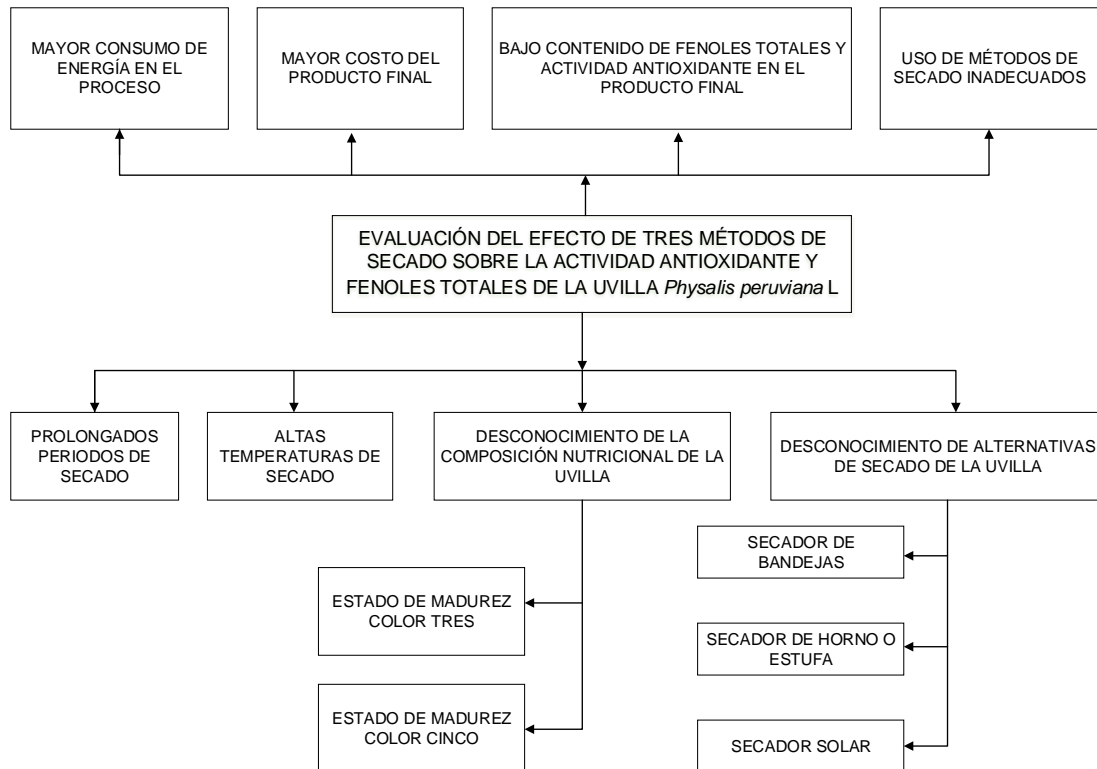
- Tenezaca, E. (2010). *Evaluación nutricional de la uvilla (Physalis peruviana L.) deshidratada, a tres temperaturas mediante un deshidratador de bandejas (tesis de pregrado)*. Riobamba: Escuela superior politécnica del chimborazo.
- Tesfamichael, A., & Assefa, A. (2013). Experimental Analysis of Potato Slices Drying Characteristics using Solar Dryer. *Journal of Applied Sciences*, 6(13), 949-943. doi:DOI: 10.3923/jas.2013.939.943
- Thaipong, K. U. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 669 - 675.
- Torres, D. M., Orea, U., Brito, M., & Cordero, E. (2013). Estudio de la extracción del follaje de Barbasco (*Lonchocarpus nicou*) como fuente biocida (en condiciones de la Amazonía en Ecuador). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4), 41-49. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542013000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542013000400007)
- Torres, M., & Vega, D. (2015). *Evaluación de un sistema de secado con energía solar, para deshidratar los residuos orgánicos generados en el restaurante del bloque de la universidad libre sede bosque popular*. (Tesis de pregrado), Universidad Libre, Bogotá. Recuperado el 12 de Diciembre de 2017, de <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7945/EVALUACION%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20SECADO%20CON%20ENERGIA%20SOLAR%20PARA%20DESHIDRATAR%20LOS%20RESIDUOS%20ORGANICOS%20GE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Traub, D. (1 de Septiembre de 2002). *Process heating*. Obtenido de The drying curve, part 1: <https://www.process-heating.com/articles/86586-the-drying-curve-part-1>

- Universitat Politècnica de Catalunya. (s.f.). *UPC*. Obtenido de Secador de sólidos: <http://epsem.upc.edu/~assecadordesolids/castella/fonaments%20materia.html>
- USDA. (2016). *United States Department of Agriculture*. Recuperado el 15 de Septiembre de 2017, de Natural Resources Conservation Service.: <http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=PHPE4>
- Valdenegro, M., Almonacid, S., Henríquez, C., Lutz, M., Fuentes, L., & Simpson, R. (2013). The Effects of Drying Processes on Organoleptic Characteristics and the Health Quality of Food Ingredients Obtained from (*Physalis peruviana*). *Open Access Scientific Reports*, 2(2), 1-7. doi:10.4172/scientificreports.642
- Valdenegro, M., Fuentes, L., Herrera, R., & Moya, M. (2012). Changes in antioxidant capacity during development and ripening of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) fruit and in response to 1-methylcyclopropene treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 67, 110-117. doi:DOI: 10.1016/j.postharvbio.2011.12.021
- Valero, Y., Colina, J., & Ineichen, E. (2012). Efecto del procesamiento sobre la capacidad antioxidante de la ciruela criolla (*Prunus domestica*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 62(4), 363-369. Obtenido de <http://www.scielo.org.ve/pdf/alan/v62n4/art07.pdf>
- Vásquez , Á., Cala, M., Miranda, I., Tafurt, G., Martínez, J., & Stashenko, E. (2007). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO TOTAL DE FENOLES DE LOS EXTRACTOS ETANÓLICOS DE *Salvia aratocensis*, *Salvia Sochensis*, *Bidens reptans* y *Montanoa ovalifolia*. *Scientia et Technica Año XIII*, 1(33), 205-207. doi:<http://dx.doi.org/10.22517/23447214.6109>
- Vásquez, J., Ochoa, C., & Bustos, M. (2013). Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits (*Physalis peruviana*). *Journal of Food Engineering*, 119(3), 648-654. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.037>

- Vega, A., Andrés, A., & Fito, P. (2005). Modelado de la Cinética de Secado del Pimiento Rojo (*Capsicum annuum* L. cv Lamuyo). *Información Tecnológica*, 16(6), 3-11. Recuperado el 29 de Noviembre de 2017, de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642005000600002>
- Velasquez, E., & Velasquez, K. (2017). *EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL AGUAYMANTO (Physalis peruviana L.) DE LA ZONA ANDINA Y SELVA EN DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ (tesis pregrado)*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, HUANCAYO.
- Villegas, C. I. (2009). El cultivo de la uchuva. *Proyecto Microcuenca Plantón - Pacayas Boletín técnico*(10), 1 - 7.
- Vitale, A. B. (2010). Carotenoides en quimioprevención: Licopeno. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 44(2), 195 - 238.
- Williams, B. C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. u.- Technol*, 28, 25 - 30.
- WU, S.-J., NG, L.-T., HUANG, Y.-M., LIN, D.-L., WANG, S.-S., HUANG, S.-N., & LIN, C.-C. (2005). Antioxidant Activities of *Physalis peruviana*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28(6), 963-966. doi:<https://doi.org/10.1248/bpb.28.963>
- Yıldız, G., İzli, N., Ünal, H., & Uylaser, V. (2014). Physical and chemical characteristics of goldenberry fruit (*Physalis peruviana* L.). *J Food Sci Technol*, 1-8. doi:DOI 10.1007/s13197-014-1280-3
- Zamora, S. J. (2009). Antioxidantes micronutrientes en lucha por la salud. *CL: Red Revista Chilena de Nutricion*, 2 Recuperado de <http://www.ebrary.com>.

# ANEXOS

## 7.1 ANEXO 1: ÁRBOL DE PROBLEMAS



## 7.2 ANEXO 2: RESULTADOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICACIÓN (TUKEY Y DMS).

**Tabla 21.** Fenoles totales de la uvilla deshidratada

Tratamientos	Descripción	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1	35,86	37,41	36,48	109,75	36,58
T2	A1B2	32,47	30,31	30,93	93,70	31,23
T3	A2B1	63,02	63,64	60,86	187,53	62,51
T4	A2B2	53,77	52,84	49,14	155,74	51,91
T5	A3B1	43,89	41,73	44,82	130,44	43,48
T6	A3B2	40,49	39,26	38,03	117,78	39,26

**Tabla 22.** Prueba de Tukey para fenoles totales de la uvilla deshidratada

Tratamientos	Medias	Rangos
T3	62,51	a
T4	51,92	b
T5	43,48	c
T6	39,26	d
T1	36,58	d
T2	31,24	e

**Tabla 23.** Diferencia Mínima Significativa de fenoles totales en uvilla deshidratada.  
Factor A

Factor	Medias	Rangos
a2	57,21	a
a3	41,37	b
a1	33,91	c



**Tabla 24.** Diferencia Mínima Significativa de fenoles totales en uvilla deshidratada.  
Factor B

Factor	Medias	Rangos
b1	47,52	a
b2	40,80	b

**Tabla 25.** Actividad antioxidante en uvilla deshidratada

Tratamientos	Descripción	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1	104,00	114,00	114,00	332,00	110,67
T2	A1B2	134,00	124,00	134,00	392,00	130,67
T3	A2B1	164,00	164,00	154,00	482,00	160,67
T4	A2B2	174,00	184,00	194,00	552,00	184,00
T5	A3B1	104,00	104,00	114,00	322,00	107,33
T6	A3B2	114,00	124,00	124,00	362,00	120,67

**Tabla 26.** Tukey para actividad antioxidante en uvilla deshidratada

Tratamientos	Medias	Rangos
T4	184,00	a
T3	160,67	b
T2	130,67	c
T6	120,67	c d
T1	110,67	d
T5	107,33	d

**Tabla 27.** Diferencia Mínima Significativa de la actividad antioxidante en uvilla deshidratada.  
Factor A

Factor	Medias	Rangos
a2	172,33	a
a1	120,67	b
a3	114,00	b

**Tabla 28.** Diferencia Mínima Significativa de la actividad antioxidante en uvilla deshidratada.  
Factor B

Factor	Medias	Rangos
b2	145,11	a
b1	126,22	b

**Tabla 29.** Humedad de la uvilla deshidratada

Tratamientos	Descripción	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1	11,36	11,82	11,62	34,80	11,60
T2	A1B2	11,60	11,70	11,52	34,82	11,61
T3	A2B1	12,00	11,80	11,80	35,60	11,87
T4	A2B2	11,80	12,00	12,10	35,90	11,97
T5	A3B1	12,10	12,00	11,90	36,00	12,00
T6	A3B2	11,90	12,10	12,00	36,00	12,00

**Tabla 30.** Tukey para humedad en uvilla deshidratada

Tratamientos	Medias	Rango	
T5	12,00	a	
T6	12,00	a	
T4	11,97	a	b
T3	11,87	a	b
T2	11,61		b
T1	11,60		b

**Tabla 31.** Diferencia Mínima Significativa de la humedad en uvilla deshidratada.  
Factor A

Factor	Medias	Rangos
a3	12,00	a
a2	11,92	a
a1	11,60	b

**Tabla 32.** Acidez en la uvilla deshidratada

Tratamientos	Descripción	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1	660,00	630,00	621,00	1911,00	637,00
T2	A1B2	451,00	445,00	429,00	1325,00	441,67
T3	A2B1	680,00	643,00	640,00	1963,00	654,33
T4	A2B2	464,50	455,40	448,00	1367,90	455,97
T5	A3B1	870,00	821,00	867,00	2558,00	852,67
T6	A3B2	653,00	638,00	691,00	1982,00	660,67

**Tabla 33.** Tukey para acidez de la uvilla deshidratada

Tratamientos	Medias	Rangos
T5	852,67	a
T6	660,67	b
T3	654,33	b
T1	637,00	b
T4	455,97	c
T2	441,67	c

**Tabla 34.** Diferencia Mínima Significativa de acidez en la uvilla deshidratada.  
Factor A

Factor	Medias	Rangos
a3	756,67	a
a2	555,15	b
a1	539,33	b

**Tabla 35.** Diferencia Mínima Significativa de la acidez en la uvilla deshidratada.  
Factor B

Factor	Medias	Rangos
b1	714,67	a
b2	519,43	b

**Tabla 36.** Sólidos solubles de la uvilla deshidratada

Tratamientos	Descripción	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1	37,97	31,28	35,14	104,39	34,80
T2	A1B2	42,76	45,07	45,70	133,53	44,51
T3	A2B1	39,17	32,06	36,27	107,50	35,83
T4	A2B2	43,58	45,70	46,84	136,12	45,37
T5	A3B1	51,00	41,30	46,15	138,45	46,15
T6	A3B2	57,90	43,40	50,65	151,95	50,65

**Tabla 37.** Tukey para sólidos solubles de la uvilla deshidratada

Tratamientos	Medias	Rangos	
T6	50,65	a	
T5	46,15	a	b
T4	45,37	a	b
T2	44,51	a	b
T3	35,83		b
T1	34,80		b

**Tabla 38.** Diferencia Media Significativa de sólidos solubles de la uvilla deshidratada.  
Factor A

Factor	Medias	Rangos
a3	48,40	a
a2	40,60	b
a1	39,65	b

**Tabla 39.** Diferencia Media Significativa de sólidos solubles de la uvilla deshidratada.  
Factor B

Factor	Medias	Rangos
b2	46,84	a
b1	38,93	b

**Tabla 40.** pH de la uvilla deshidratada

Tratamientos	Descripción	Repeticiones			Suma	Media
		I	II	III		
T1	A1B1	3,90	3,94	3,90	11,74	3,91
T2	A1B2	4,10	4,14	4,16	12,40	4,13
T3	A2B1	3,99	4,13	3,99	12,11	4,04
T4	A2B2	4,25	4,21	4,11	12,57	4,19
T5	A3B1	3,54	3,66	3,60	10,80	3,60
T6	A3B2	3,79	3,93	3,88	11,60	3,87

**Tabla 41.** Tukey para pH de la uvilla deshidratada

Tratamientos	Medias	Rangos	
T4	4,19	a	
T2	4,13	a	
T3	4,04	a	b
T1	3,91		b c
T6	3,87		c
T5	3,60		d

**Tabla 42.** Diferencia Media Significativa del pH en la uvilla deshidratada.  
Factor A

Factor	Medias	Rangos
a2	4,11	a
a1	4,02	b
a3	3,73	c

**Tabla 43.** Diferencia Media Significativa del pH en la uvilla deshidratada.  
Factor B

Factor	Medias	Rangos
b2	4,06	A
b1	3,85	B

### 7.3 ANEXO 3: COSTOS FIJOS Y VARIABLES

**Tabla 44.** Costo de producción de uvilla deshidratada en el secador de bandejas.

INSUMO	UNIDAD	REQUERIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO
Mano de obra	h/día	90	2.41	215.7
Fruta (uvilla)	Kg	3	1.5	4.5
Fundas	n/a	24	0.18	4.32
<b>COSTOS DIRECTO</b>				<b>224.5</b>

EQUIPOS Y MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	VIDA UTIL (AÑOS)	DEPRECIACIÓN SEMANAL
Secador de bandejas	1	5000	10	10.4
Balanza	1	15	4	0.1
Bandeja plástica	1	4	3	0.03
Mesa de trabajo	1	30	5	0.1
Jarra plástica	1	4	3	0.03
Colador	1	4	3	0.03
Utensillos de limpieza	2	10	1	0.2

INSUMO	UNIDAD	REQUERIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO
Energía eléctrica	KW/h	252	0.04	10.1
Agua	m <sup>3</sup>	0.12	1	0.12
<b>COSTO INDIRECTO</b>				<b>21.1</b>

<b>COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN</b>				
COSTO DIRECTO				224.5
COSTO INDIRECTO				21.1
<b>TOTAL</b>				<b>245.6</b>
<b>COSTO DE 100g DIARIO</b>				<b>40.94</b>

**Tabla 45.** Costo de producción de uvilla deshidratada en el secador de estufa.

INSUMO	UNIDAD	REQUERIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO
Mano de obra	h/día	99	2.41	238.0
Fruta (uvilla)	Kg	3	1.5	4.5
Fundas	n/a	24	0.18	4.32
<b>COSTOS DIRECTO</b>				<b>246.8</b>
EQUIPOS Y MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	VIDA UTIL (AÑOS)	DEPRECIACIÓN SEMANAL
Estufa	1	1400	10	2.9
Balanza	1	15	4	0.1
Bandeja plastica	1	4	3	0.03
Mesa de trabajo	1	30	5	0.1
Jarra plastica	1	4	3	0.03
Colador	1	4	3	0.03
Utensillos de limpieza	2	10	1	0.2
INSUMO	UNIDAD	REQUERIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO
Energía eléctrica	KW/h	327.6	0.04	13.1
Agua	m <sup>3</sup>	0.06	1	0.06
<b>COSTO INDIRECTO</b>				<b>16.6</b>
<b>COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN</b>				
COSTO DIRECTO				246.8
COSTO INDIRECTO				5.6
<b>TOTAL</b>				<b>252.4</b>
<b>COSTO DE 100g DIARIO</b>				<b>42.07</b>

**Tabla 46.** Costo de producción de uvilla deshidratada en el secador solar.

INSUMO	UNIDAD	REQUERIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO
Mano de obra	h/día	9.0	2.4	21.7
Fruta (uvilla)	Kg	3	1.5	4.5
Fundas	n/a	24	0.18	4.32
<b>COSTOS DIRECTO</b>				<b>30.5</b>
EQUIPOS Y MATERIALES	CANTIDAD	PRECIO	VIDA UTIL (AÑOS)	DEPRECIACIÓN SEMANAL
Secador solar	1	350	4	1.8
Balanza	1	15	4	0.1
Bandeja plastica	1	4	3	0.03
Jarra plastica	1	4	3	0.03
Colador	1	4	3	0.03
Utensillos de limpieza	2	10	1	0.2
INSUMO	UNIDAD	REQUERIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO
Agua	m <sup>3</sup>	0.12	1	0.12
<b>COSTO INDIRECTO</b>				<b>2.32</b>
<b>COSTO TOTAL DE FABRICACIÓN</b>				
COSTO DIRECTO				30.5
COSTO INDIRECTO				2.32
<b>TOTAL</b>				<b>32.82</b>
<b>COSTO DE 100g DIARIO</b>				<b>5.46</b>



7.4 ANEXO 4: NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4580

NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA

NTC  
4580

1999-02-17

FRUTAS FRESCAS.  
UCHUVA. ESPECIFICACIONES

ICONTEC

E: FRESH FRUITS. CAPE GOOSEBERRY. SPECIFICATIONS

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: uchuva, frutas, producto vegetal.

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

**ICONTEC** es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 4580 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1999-02-17

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 11-1003 Frijas, legumbres, hortalizas y tubérculos frescos.

CARULLA Y CIA	MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENCAFE	MINISTERIO DE SALUD
FRUTEXPO	VICTORINEITA Y CIA.
ICA	

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

ALL FRUIT LTDA.	CORPORACIÓN COLOMBIA
CADENALCO S.A.	INTERNACIONAL
CARIBBEAN EXOTICS	EL TESORO FRUIT
CORABASTOS	FRUTIERREZ S.A.

**ICONTEC** cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN



NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-4580	
<p><b>FRUTAS FRESCAS.</b> <b>UCHUVA. ESPECIFICACIONES</b></p>	
<b>1. OBJETO</b>	Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la uchuva <i>Physalis peruviana</i> L.), destinada para el consumo fresco o como materia prima para el procesamiento.
<b>2. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y CALIBRE</b>	
<b>2.1 DEFINICIONES</b>	Para efectos de la presente norma se consideran las siguientes definiciones:
<b>2.1.1</b> Capacho o Cáliz: conjunto de hojas o sépalos que protegen el fruto.	
<b>2.1.2</b> Pedúnculo: tallo del fruto.	
<b>2.1.3</b> Rajadura: rompimiento superficial de la epidermis.	
<b>2.1.4</b> Tabla de color: indica el desarrollo de la madurez del fruto a través de los cambios de color externo. Se identifican los estados por una escala numérica que inicia en 0 y termina en 6.	
<b>2.1.5</b> Fruto fisiológicamente desarrollado: estado en el cual se inicia el proceso de maduración del fruto y corresponde al color 0 de la tabla de color.	
<b>2.1.6</b> Fruto no climatérico: se refiere a los productos que al ser cosechados, presentan una disminución de la tasa de respiración, ocasionando cambios poco notorios principalmente en los contenidos de azúcares y ácidos.	
<b>2.2 CLASIFICACIÓN</b>	La uchuva se comercializa con o sin capacho.
	Independiente del calibre y del color, se clasifica en tres categorías que se definen a continuación:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-4580	
<b>2.2.1 Categoría extra</b>	La uchuva debe cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 3.1 y estar exenta de todo defecto que disminuya la calidad del fruto (véase la Figura 1).
	El capacho puede presentar manchas superficiales ocasionadas por humedad y/o por hongos (sin la presencia de éstos). Estos defectos en conjunto no deben exceder el 5 % del área total.

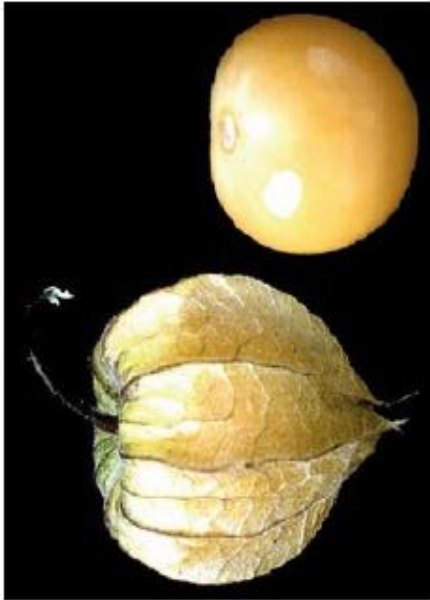


Figura 1. Categoría extra

<b>2.2.2 Categoría I</b>	La uchuva debe cumplir los requisitos generales definidos en el numeral 3.1 y estar exenta de todo defecto que disminuya la calidad del fruto (véase la Figura 2).
	El capacho puede presentar manchas superficiales ocasionadas por humedad y/o por hongos (sin la presencia de éstos). Estos defectos en conjunto no deben exceder el 10 % del área total.



Figure 2. Categoría I

2.2.3 Categoría II

Comprende la uchuva que no pueda clasificarse en las categorías anteriores, pero cumple los requisitos generales definidos en el numeral 3.1. Se admiten frutos rajados que no excedan el 5 % del área total (véase la Figura 3).

El capacho puede presentar manchas superficiales ocasionadas por humedad y/o por hongos (sin la presencia de ácaros). Estos defectos en conjunto no deben exceder el 20 % del área total.



Figure 3. Categoría II

2.3 CALIBRE

Se determina por el diámetro ecuatorial de cada fruto, como se indica en el numeral 5.1, de acuerdo con la siguiente escala:

Tabla 1. Calibres de la uchuva

Diámetro (mm)	Calibre
≤ 13,0	A
13,1 - 18,0	B
18,1 - 20,0	C
20,1 - 22,0	D
≥ 22,1	E

Nota. Se pueden tener frutos de categoría extra y de las demás categorías, en cualquiera de los calibres establecidos en la Tabla 1.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4590	
3. REQUISITOS Y TOLERANCIAS	
3.1 REQUISITOS GENERALES	
El fruto y el capacho en todas las categorías deben estar sujetos a los requisitos y tolerancias permitidos. Además, deben tener las siguientes características físicas:	
-	Los frutos deben estar enteros.
-	Deben tener la forma esférica característica de la uchuva.
-	La coloración de los frutos debe ser homogénea dependiendo del estado de madurez definido en la tabla de color.
-	Deben presentar aspecto fresco y consistencia firme, su corteza debe ser lisa y brillante.
-	Deben estar sanos (libres de ataques de insectos y/o enfermedades, que demeriten la calidad interna del fruto).
-	Deben estar libres de humedad externa anormal producida por mal manejo en las etapas poscosecha (recepción, acopio, selección, clasificación, adecuación, empaque, almacenamiento y transporte).
-	Deben estar exentos de cualquier olor y/o sabor extraño (provenientes de otros productos, empaques o recipientes y/o agroquímicos con los cuales hayan estado en contacto).
-	Deben estar exentos de materiales extraños (tierra, polvo, agroquímicos y cuerpos extraños), visibles en el producto o en su empaque.
-	La longitud del pedúnculo no debe exceder de 25 mm.

Los residuos de plaguicidas no deben exceder los límites máximos establecidos en el Codex Alimentarius.

3.2 REQUISITOS DE MADUREZ	
La madurez de la uchuva se aprecia visualmente por el cambio del color externo. Su estado se puede confirmar por medio de la determinación de sólidos solubles totales, adidez titulable e índice de madurez.	
La siguiente descripción relaciona los cambios de color con los diferentes estados de madurez (véase la Figura 4):	
COLOR 0:	fruto fisiológicamente desanillado de color verde oscuro.
COLOR 1:	fruto de color verde un poco más claro.
COLOR 2:	el color verde se mantiene en la zona cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4590	
COLOR 3:	fruto de color anaranjado claro con vicia verdes hacia la zona del cáliz.
COLOR 4:	fruto de color anaranjado claro.
COLOR 5:	fruto de color anaranjado.
COLOR 6:	fruto de color anaranjado intenso.



Figura 4. Tabla de color de la uchuva

El cambio en el color del capacho no es un indicativo del avance de la madurez del fruto.

3.3 REQUISITOS ESPECÍFICOS	
3.3.1 Sólidos solubles totales	
Los valores mínimos de sólidos solubles totales, determinados como se indica en el numeral 5.2, que presenta cada uno de los estados identificados en la tabla de color (véase la Figura 4), son los siguientes:	

Tabla 2. Contenido mínimo de sólidos solubles totales expresado como grados Brix (°Brix), de acuerdo con la tabla de color

Color	0	1	2	3	4	5	6
°Bx (mínimo)	9,4	11,4	13,2	14,1	14,5	14,8	15,1



### 3.3.2 Aclidez titulable

Los valores máximos de acidez titulable, determinados como se indica en el numeral 5.3, que presenta cada uno de los estados identificados en la tabla de color (véase la Figura 4), son los siguientes:

Tabla 3. Contenido máximo de ácido expresado como porcentaje de ácido cítrico, de acuerdo con la tabla de color

Color	0	1	2	3	4	5	6
% Ácido Cítrico (máximo)	2.69	2.70	2.56	2.34	2.02	1.53	1.33

### 3.3.3 Índice de madurez

Los valores mínimos del índice de madurez, determinados como se indica en el numeral 5.4, que presenta cada uno de los estados identificados en la tabla de color (véase la Figura 4), son los siguientes:

Tabla 4. Índice de madurez mínimo expresado como \*Brix / porcentaje de azúcar cítrico, de acuerdo con la tabla de color

Color	0	1	2	3	4	5	6
*Brix % Ácido Cítrico (mínimo)	3.5	4.2	5.2	6.0	7.1	8.1	9.0

Para su comercialización se debe tener en cuenta que la uchuva es un fruto no climatérico (véase el numeral 2.1.5).

El grado de madurez debe permitir la manipulación y el transporte de los frutos, sin detener alguno hasta su destino final.

### 3.4 TOLERANCIAS

Se admiten tolerancias de calidad, color y calibre, en cada unidad de empaque para los productos que no cumplan los requisitos de la categoría indicada.

#### 3.4.1 Tolerancias de calidad

3.4.1.1 Categoría extra. Para los frutos con o sin capacho se admite hasta el 5 % en número o en peso de uchuvas, que no correspondan a los requisitos de esta categoría, pero cumplan los requisitos de la categoría I.

3.4.1.2 Categoría I. Para los frutos con o sin capacho se admite hasta el 10 % en número o en peso de uchuvas, que no correspondan a los requisitos de esta categoría, pero cumplan los requisitos de la categoría II.

3.4.1.3 Categoría II. Para los frutos con o sin capacho se admite hasta el 10 % en número o en peso de uchuvas, que no cumplan los requisitos de esta categoría, ni los requisitos generales definidos en el numeral 3.1, con excepción de los productos que presenten magulladuras severas. En esta categoría se admite máximo hasta el 20 % en número en peso de frutos rajados, con un área superior al 5 %.

#### 3.4.2 Tolerancias de calibre

Para todas las categorías se acepta hasta el 10 % en número o en peso de frutos que correspondan al calibre inmediatamente inferior o superior, al señalado en el empaque.

#### 3.4.3 Tolerancias de color

Para todas las categorías se acepta hasta el 10 % en número o en peso de frutos que correspondan al color inmediatamente inferior o superior, al señalado en el empaque.

## 4. TOMA DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O DE RECHAZO

### 4.1 TOMA DE MUESTRAS

Para determinar la muestra destinada a medir el diámetro ecuatorial, se debe consultar la siguiente tabla:

Tabla 5. Tamaño de la muestra

Tamaño del lote (Pallets empacados, frutos)	Tamaño de la muestra (Pallets empacados, frutos)
Hasta 150	5
151 - 1 200	20
1 201 - 10 000	35
10 001 - 35 000	50
35 001 - 800 000	80
800 001 y más	125

Nota. En el Anexo A se contempla un ejemplo de aplicación de la Tabla 5.

Para identificar el estado de madurez se realizan los análisis físicos y químicos al jugo obtenido a partir de 400 g de frutos por cada color (véase la NTC 756).

### 4.2 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O DE RECHAZO

Si la muestra evaluada no cumple los requisitos especificados en esta norma, se debe rechazar el lote. En caso de discrepancia, se deben repetir los ensayos sobre la muestra reservada para tal fin. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso debe ser motivo para rechazar el lote.

$$\text{Índice de madurez} = \frac{\text{S.S.T.}}{\text{Acidez titulable}}$$

## 5. EMPAQUE Y ROTULADO

### 5.1 EMPAQUE

El contenido de cada unidad de empaque debe ser homogéneo y estar compuesto únicamente por frutos del mismo origen, variedad, categoría, color y calibre. La parte visible del contenido del empaque debe ser representativa del conjunto.

Los empaques deben estar limpios y compuestos por materiales que no causen alteraciones al producto. Se acepta el uso de etiquetas con indicaciones comerciales siempre que se utilicen materiales no tóxicos y que permitan ser reciclados. Para ilustrar los sistemas de empaque véanse las Figuras 5 y 6.

Para el mercado interno se debe utilizar una canastilla plástica de fondo liso (véase la Figura 5). Las medidas externas son de 600 mm x 400 mm x 130 mm ó 500 mm x 300 mm x 150 mm. (submúltiplos de las estibas de 1200 mm x 800 mm ó 1 200 mm x 1 000 mm). Si se empaca a granel se debe llenar la canastilla hasta 80 mm de altura como máximo y con una capacidad máxima de 6,5 Kg de fruta. Si se requiere dotificar el producto en la canastilla plástica, éste se debe empaquetar en unidades de 250 g a 450 g.



Figura 5. Empaque para el mercado interno

Para el mercado de exportación (véase la Figura 6), el producto se debe presentar dotificado en envases plásticos perforados en unidades de 250 g a 450 g. Las dimensiones externas de la base de los empaques deben ser 400 mm x 300 mm ó 500 mm x 300 mm (submúltiplos de las estibas de 1200 mm x 800 mm ó 1 200 mm x 1 000 mm).

## 5. ENSAYOS

### 5.1 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO

Se mide el diámetro ecuatorial de cada fruto con un calibrador y el resultado se expresa en milímetros (mm).

### 5.2 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

Se determina por el método refractométrico y se expresa en grados Brix (°Bx). La lectura se debe corregir utilizando el porcentaje de ácido cítrico, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{S.S.T. cor} = 0,14 \times A + \text{S.S.T.}$$

Donde:

A = % Ácido cítrico

S.S.T. = sólidos solubles totales en grados Brix

Si el refractómetro utilizado no realiza la corrección por temperatura, se debe corregir la lectura como se indica en el Anexo B.

### 5.3 DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE

Se determina por el método de titulación potenciométrica. Se expresa como porcentaje de ácido cítrico y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ácido Cítrico} = \frac{V_1 \times N}{V_2} \times K \times 100$$

Donde:

V<sub>1</sub> = volumen de NaOH consumido (ml)

V<sub>2</sub> = volumen de la muestra (5 ml)

K = peso equivalente del ácido cítrico (0,064 g/meq)

N = normalidad del NaOH (0,1 meq/ml)

### 5.4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ

Se obtiene de la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales y el valor máximo de la acidez titulable. Se expresa como °Brix / % ácido cítrico.



Figura 6. Empaque para el mercado de exportación

## 6.2 ROTULADO

El rótulo debe llevar la siguiente información tanto para el mercado interno como para el externo:

- Identificación del productor, exportador o empaquetador (marca comercial, nombre, dirección o código)
- Nombre del producto: **UCHUVA** o **PHYSALIS**
- País de origen y región productora
- Características comerciales: categoría, calibre, peso neto y coloración en el momento del empaque
- Fecha de empaque
- Impresión con la simbología que indique el manejo adecuado del producto (véase la NTC 2479)

## 7. APÉNDICE

### 7.1 NORMAS QUE SE DEBEN CONSULTAR

Las siguientes normas contienen disposiciones que, mediante la referencia dentro de este texto, constituyen la integridad de esta norma. En el momento de la publicación serán válidas las ediciones indicadas. Todas las normas están sujetas a actualización, los participantes, mediante acuerdos basados en esta norma, deben investigar la posibilidad de aplicar la última versión de las normas mencionadas a continuación.

NTC 756:1973, Frutas y Hortalizas. Toma de muestras.

NTC 2479:1988, Embalajes. Indicaciones gráficas para el manejo de artículos.



## 7.5 ANEXO 5: RESULTADOS ANALISIS FISICOQUÍMICOS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.  
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13  
**FICAYA**  
*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe N°:	48 -2018
Análisis solicitado por:	Sr. Omar Cabascango
Empresa:	No aplica
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	3 de mayo de 2018
Fecha de entrega informe:	24 de mayo de 2018
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	6

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1		No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados						Metodo de ensayo
		M3R1B	M3R2B	M3R3B	M5R1B	M5R2B	M5R3B	
Contenido de Agua	%	12,00	11,80	11,80	11,80	12,00	12,10	AOAC 925.10
Acidez titulable	mg/100 g	680,0	643,0	640,0	464,5	455,4	448,0	AOAC 954.07
*Brix		39,17	32,06	36,27	43,58	45,70	46,84	AOAC 932.14C
pH		3,99	4,13	3,99	4,25	4,21	4,11	NTE INEN 526

Atentamente:




Bloq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio

**Visión Institucional**  
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova, Barrio El Olivo.  
Teléfono: (06)29917800  
Fax: Ext. 7711  
Email: [utn@utn.edu.ec](mailto:utn@utn.edu.ec)  
[www.utn.edu.ec](http://www.utn.edu.ec)  
Ibarra - Ecuador





# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.  
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

**FICAYA**

*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe N°:	054 -2018
Análisis solicitado por:	Sr. Omar Cabascango
Empresa:	No aplica
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	28 de junio de 2018
Fecha de entrega informe:	02 de julio de 2018
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	5

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Uvilla deshidratada	No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados					Metodo de ensayo
		M3R1S	M3R2S	M5R1S	M5R2S	M5R3S	
Contenido de Agua	%	12,10	12,00	11,90	12,10	12,00	AOAC 925.10
Acidez titulable	mg/100 g	870,0	821,0	653,0	638,0	691,0	AOAC 954.07
*Brix	*****	51,00	41,30	57,90	43,40	50,65	AOAC 932.14C
pH	*****	3,54	3,66	3,79	3,93	3,88	NTE INEN 526

Atentamente:

Bloq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



**Visión Institucional**  
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio 5-21 y José María  
Córdova, Barrio El Olivo  
Teléfono: (06)2997890  
Fax: Ext. 7711  
Email: utn@utn.edu.ec  
www.utn.edu.ec  
Ibarra - Ecuador



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.  
Resolución No. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

**FICAYA**

*Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos*

Informe N°:	37 -2018
Análisis solicitado por:	Sr. Omar Cabascango
Empresa:	No aplica
Muestreado:	Propietario
Fecha de recepción:	02 de abril de 2018
Fecha de entrega informe:	13 de abril de 2018
Ciudad:	Ibarra
Provincia:	Imbabura
No. de Lote	No aplica
No. Unidades Analizadas	6

#	Muestra	Codificación o # de Lote
1	Uvilla desecada	No aplica

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados						Metodo de ensayo
		EM3R1	EM3R2	EM3R3	EM5R1	EM5R2	EM5R3	
Contenido de Agua	%	11,36	11,82	11,62	11,60	11,70	11,52	AOAC 925.10
Acidez titulable	mg/100 g	660,0	630,0	621,0	451,0	445,0	429,0	AOAC 954.07
*Brix	-----	37,97	31,28	35,14	42,76	45,07	45,70	AOAC 932.14C
pH	-----	3,90	3,94	3,90	4,10	4,14	4,16	NTE INEN 526

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno  
Técnico de Laboratorio



### Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales

Av. 17 de Julio S-21 y José María  
Córdova Barrio El Olivo  
Teléfono: (06)2997800  
Fax: Ext. 7711  
Email: [utn@utn.edu.ec](mailto:utn@utn.edu.ec)  
[www.utn.edu.ec](http://www.utn.edu.ec)  
Ibarra - Ecuador